

Universitat de Lleida
Escola Politècnica Superior
Enginyeria Tècnica en Informàtica de Sistemes

Treball de final de carrera

Serveis IP sota la xarxa elèctrica (PLC)

Autor: Daniel Parada Pueyo

Director de la EPS: Fernando Cores Prado

Director extern: Oscar Molins Font

Setembre del 2007

Índex

<u>Pròleg</u>	7
<u>1. Introducció</u>	8
<u>1.1. PLC</u>	8
<u>1.1.1. Història del PLC</u>	8
<u>1.1.2. Tipus de xarxes elèctriques</u>	10
<u>1.1.3. PLC indoor/outdoor</u>	11
<u>1.1.4. PLC d'accés o outdoor</u>	13
<u>1.1.4.1. La importància de les xarxes d'accés en l'àrea de les telecomunicacions</u>	13
<u>1.1.4.2. Construcció de les noves xarxes d'accés</u>	15
<u>1.1.4.3. Utilització de la infraestructura existent en l'àrea d'accés</u>	18
<u>1.1.4.4. PLC de banda estreta</u>	21
<u>1.1.4.5. PLC de banda ampla</u>	24
<u>1.1.5. Estructura d'una xarxa d'accés PLC</u>	25
<u>1.1.6. Pas final: connexió d'una xarxa d'accés PLC al backbone</u>	27
<u>1.1.6.1. Les xarxes de distribució</u>	27
<u>1.1.6.2. Topologia de les xarxes de distribució</u>	28
<u>1.1.6.3. Supervisió de les xarxes d'accés PLC</u>	31
<u>1.1.6.4. Xarxes PLC de mig voltatge</u>	32
<u>1.1.7. PLC indoor</u>	33
<u>1.1.8. Inconvenients del PLC</u>	35
<u>1.1.8.1. Característiques del canal de transmissió PLC</u>	35
<u>1.1.8.2. Compatibilitat Electromagnètica</u>	36
<u>1.1.8.3. Repercussió de les perturbacions i la taxa de transferència limitada</u> ...	37
<u>1.1.8.4. Funcionament d'un sistema de transmissió PLC de banda ampla</u>	39

1.2. Altres medis de transmissió	40
2. Anàlisi i disseny	43
2.1. Normativa i estàndards	43
2.2. Equipament d'una xarxa PLC	44
2.2.1. Elements bàsics de xarxa	44
2.2.1.1. Equipament outdoor: estació base/master	45
2.2.1.2. Equipament de la sala de comptadors: gateway PLC	46
2.2.1.3. Equipament del client: mòdem PLC	48
2.2.1.4. Equipament opcional: repetidor	49
2.2.2. Hardware/software específic que s'emprarà en els cassos d'estudi	51
3. Cassos d'estudi	58
3.1. Presentació dels cassos d'estudi	58
3.2. Xarxa domèstica	58
3.3. Xarxa Mallola 2	64
3.4. Conclusions dels cassos d'estudi	66
4. Conclusions	67
5. Bibliografia	68
6. Annex	69
6.1. Rang de freqüències que utilitzen els aparells ILEVO	69
6.2. Configuració dels equips de la xarxa domèstica	70
6.3. Configuració dels equips de la xarxa Mallola 2	72
6.4. Glossari de termes i sigles	74

Índex de figures

<u>Figura 1: Estructura d'una xarxa de subministrament elèctric</u>	10
<u>Figura 2: Arquitectura d'una xarxa PLC</u>	11
<u>Figura 3: Arquitectura xarxa PLC indoor</u>	12
<u>Figura 4: Últim tram de la xarxa PLC indoor</u>	12
<u>Figura 5: Rang de freqüències del PLC i la energia elèctrica</u>	13
<u>Figura 6: Estructura general d'una xarxa de telecomunicacions</u>	15
<u>Figura 7: Estructura d'una xarxa wireless mòbil</u>	16
<u>Figura 8: Estructura d'una xarxa wireless fixa - Wireless Local Loop</u>	17
<u>Figura 9: WLAN</u>	18
<u>Figura 10: Estructura d'una xarxa d'accés DSL</u>	19
<u>Figura 11: Estructura d'una xarxa d'accés CATV</u>	21
<u>Figura 12: Estructura d'una casa intel·ligent utilitzant PLC de banda estreta</u>	23
<u>Figura 13: Estructura d'un sistema PLC que ofereix serveis elèctrics</u>	24
<u>Figura 14: Estructura d'una xarxa d'accés PLC</u>	26
<u>Figura 15: Connexió a la xarxa backbone</u>	28
<u>Figura 16: Xarxa de distribució PLC amb topologia de bus</u>	29
<u>Figura 17: Xarxa de distribució PLC amb topologia d'estrella</u>	30
<u>Figura 18: Xarxa de distribució PLC amb topologia d'anell</u>	30
<u>Figura 19: Sistema de supervisió d'una xarxa PLC</u>	31
<u>Figura 20: Exemple d'una xarxa PLC de mig voltatge</u>	33
<u>Figura 21: Estructura d'una xarxa PLC indoor</u>	34
<u>Figura 22: Estructura d'una xarxa de subministrament elèctric de baix voltatge</u>	36
<u>Figura 23: Influència de diverses fonts de pertorbació</u>	38
<u>Figura 24: Xarxa PLC amb el medi de transmissió compartit</u>	38
<u>Figura 25: Cable UTP,FTP i STP</u>	41

Serveis IP sota la xarxa elèctrica (PLC)

<u>Figura 26: Cable coaxial</u>	41
<u>Figura 27: Fibra òptica</u>	42
<u>Figura 28: Funcionament d'un capçalera PLC</u>	45
<u>Figura 29: Connexió directa amb els abonats PLC</u>	46
<u>Figura 30: Connexió d'un abonat amb un gateway</u>	47
<u>Figura 31: Diferents gateways en una xarxa d'accés</u>	47
<u>Figura 32: Capçalera similar al que emprarem en els cassos pràctics</u>	48
<u>Figura 33: Funcionament d'un mòdem PLC</u>	48
<u>Figura 34: Mòdem PLC emprat als cassos d'estudi</u>	49
<u>Figura 35: Funcionament d'un repetidor PLC</u>	50
<u>Figura 36: Xarxa PLC amb repetidors</u>	50
<u>Figura 37: Repetidor PLC</u>	51
<u>Figura 38: Acobladors capacitius monofàsic i trifàsic respectivament</u>	53
<u>Figura 39: Esquema de muntatge d'un equip capçalera en una sala de comptadors</u> ..	53
<u>Figura 40: Cable tripolar i unipolar</u>	54
<u>Figura 41: Diferents tipus d'acobladors inductius</u>	54
<u>Figura 42: Connexió de dues fases amb l'acoblador inductiu</u>	54
<u>Figura 43: Filtre emprat en xarxes PLC</u>	55
<u>Figura 44: Chipset del fabricant DS2</u>	55
<u>Figura 45: Arquitectura distribuïda del software ILEVO per configurar els equips PLC</u>	57
<u>Figura 46: Comunicació entre les diferents aplicacions necessàries per la configuració d'un equip PLC</u>	57
<u>Figura 47: Topologia de la xarxa domèstica</u>	59
<u>Figura 48: PlcSetup i els permisos que pot tenir un usuari</u>	60
<u>Figura 49: PlcBuilder on ens mostra les zones, plantilles i equips de xarxa</u>	61
<u>Figura 50: Afegir equipament de xarxa amb PlcBuilder</u>	61

Figura 51: Procés que segueix un capçalera o un repetidor per aconseguir la seua configuració	63
Figura 52: Procés que segueix un mòdem per aconseguir la seua configuració	63
Figura 53: Topologia de la xarxa Mallola 2	64

Índex de taules

Taula 1: Característiques dels sistemes xDSL	20
Taula 2: Comparativa medis de transmissió	42
Taula 3: Rangs de freqüències del estàndard CENELEC EN 50065	43
Taula 4: Relació d'equips xarxa domèstica amb la seua adreça IP	59
Taula 5: Relació d'equips xarxa Mallola amb la seua adreça IP	65

Pròleg

Durant les últimes dècades la utilització dels sistemes de telecomunicacions ha augmentat molt ràpidament. A causa de la permanent necessitat de nous serveis de telecomunicacions i capacitats de transmissió addicionals, també hi ha la necessitat de desenvolupar noves xarxes de telecomunicacions i tecnologies de transmissió.

D'aquesta manera va sorgir la idea del PLC, Power Line Communication o comunicacions per la línia elèctrica, tecnologia que ens permet transmetre veu, dades i altres serveis a través de la xarxa elèctrica ja existent. Aquesta idea no es pas innovadora, sinó que en els seus orígens es limitava al control de les línies elèctriques i a la transmissió a baixa velocitat de la lectura dels comptadors. Més endavant, les mateixes companyies elèctriques van utilitzar les seues xarxes elèctriques per a transmetre les seues dades per un ús exclusivament intern.

Una de les principals raons del desenvolupament d'aquesta idea va ser que s'utilitza una infraestructura ja existent, la xarxa elèctrica, d'aquesta manera ens permet fer un gran desplegament en tecnologia ja que la xarxa ja està implantada. Es parteix del principi: on hi ha un endoll, tenim accés a la xarxa (internet, veu, vídeo, dades, etc). No és una tecnologia única, no substitueix cap altra, sinó que conviu amb la resta de tecnologies existents.

Els objectius principals d'aquest projecte són: saber que és la tecnologia PLC, que la fa diferent a la resta de xarxes convencionals, les seues utilitats, els diferents tipus, la normativa existent i l'objectiu més important és de no intentar "vendre" aquest servei revolucionari que canviarà el món sinó presentar-lo com una alternativa viable dependent del cas d'estudi.

La memòria del projecte està dividida en les següents parts: un capítol introductori, en el qual explicarem els termes i conceptes bàsics que ens serviran més endavant per poder entendre millor els casos d'estudi, com també altres utilitats que té la tecnologia PLC. Un apartat d'anàlisi i disseny en el que explicarem la normativa i estàndard i en el cas de que encara no estiguin aprovades els grups encarregats de desenvolupar aquest estàndards, el requisits i hardware/software necessari per poder construir una xarxa PLC i presentarem els cassos d'estudi.

El tercer apartat serien els cassos d'estudi aquí explicarem la topologia de xarxa, com hem configurat el hardware i compararem la mateixa xarxa però utilitzant altres medis de transmissió. Finalment, a partir dels apartats anterior extrauríem les conclusions.

1. Introducció

1.1 PLC

El PLC són les sigles de Power Line Communication, als Estats Units es conegut per Broadband Powerline Communications (BPC), aquesta tecnologia ens permet la transmissió de veu, dades i altres serveis a través de la xarxa elèctrica ja existent. Actualment, aquest sistema ens dona unes velocitats de transmissió de fins a 200Mbps.

La xarxa elèctrica és la més extensa del món, esta formada per milers de kilòmetres de cable, arriba a més de 3.000 milions de persones i ofereix serveis inclús en aquells llocs on no hi arriba el telèfon. Utilitzar aquesta xarxa per a transmetre veu i dades i utilitzar Internet i una línia telefònica en qualsevol endoll és una realitat gracies a la tecnologia PLC.

En l'actualitat, aquesta tecnologia és un complement a la banda ampla ja que el PLC utilitza una infraestructura ja desplegada, com són els cables elèctrics. Només cal un endoll per estar connectat. A més a més, ofereix una alta velocitat, subministra diferents serveis per la mateixa plataforma i permet disposar de connexió permanent.

Adicionalment, al utilitzar el cablejat elèctric, com a medi de transmissió, qualsevol instal·lació elèctrica, per exemple una casa, es comportarà com una xarxa de dades on qualsevol endoll es un punt de connexió a la xarxa.

1.1.1. *Història del PLC*

Les comunicacions powerline amb la utilització de la xarxa elèctrica són emprades per propòsits de comunicació. En aquest cas, la distribució elèctrica té una altra funció, la transferència de diversos serveis de telecomunicacions. La principal idea darrere del PLC és la reducció del cost i l'expansió de les noves xarxes de telecomunicacions.

Les xarxes d'alt o mig voltatge poden ésser utilitzades per cobrir llargues distàncies per evitar edificis. Les xarxes de baix voltatge estan disponibles arreu del món en una gran nombre de cases i potser utilitzada per les xarxes PLC per superar l'última milla, aquest terme és utilitzat en el món de les telecomunicacions i serveix per explicar la connectivitat entre els proveïdors i els usuaris finals. Les comunicacions PLC també

poden ser aplicades dins d'edificis o cases, on la instal·lació elèctrica interna es utilitzada per xarxes PLC indoor.

Les aplicacions de la xarxes elèctriques en les telecomunicacions és coneguda des de el principis del segle XX. El primer sistemes PLC funcionaven amb un tipus de senyals anomenats Carrier Frequency Systems (CFS) que van estar funcionant en xarxes elèctriques d'alt voltatge, les quals van ser capaces de superar distàncies de 500km utilitzant 10W de potència en la senyal de transmissió. Aquestos sistemes van ser utilitzats per comunicacions internes, les quals realitzaven mesures remotes i tasques de control. A més a més en les xarxes de mig i baix voltatge també funcionen correctament. Les senyals Ripple Carrier Signaling (RCS) han estat aplicades a mig i baix voltatge per la realització de taques de gestió en els sistemes elèctrics.

En l'any 1997, les companyies United Utilities, de Canadà , i Northern Telecom, d'Anglaterra, van presentar al mercat la tecnologia PLC que permetria oferir el servei de Internet a través de la xarxa elèctrica. A partir d'aquest moment, les companyies elèctriques van arribar a la conclusió de que podrien treure una gran rendiment a les seues xarxes i han sigut molt nombroses les iniciatives en el sector per portar una desplegament massiu d'aquest servei de comunicacions.

Més endavant van ser els alemanys els que es van unir a la carrera per desenvolupar la tecnologia Power Line. A finals del '99 i principis del 2000 Espanya va entrar amb aquesta disputa mitjançant Endesa. En l'actualitat, en alguns països estan oferint serveis bàsics com Àustria o Suïssa. Alemanya va ser el primer país en oferir PLC comercial. La empresa pionera RWE va oferir serveis per 35€/mes, arribant al 2001 als 20.000 abonats. D'aquesta manera s'explica que els principals subministradors europeus fossin Siemens i Ascom. El 30 de setembre de 2002, RWE d'Alemanya va parar d'oferir els serveis PLC, donant com a motiu que no hi havia uns estàndard prefixats.

En el nostre país, han sigut dos companyies, Endesa i Iberdrola, les que han confiat en la tecnologia PLC i han realitzat proves pilot a Madrid, Valencia i Saragossa i que a finals del 2006 també van deixar d'oferir aquest serveis per els mateixos motius que l'empresa alemanya, uns estàndards que no estan prefixats, i també per la poca implantació que ha tingut en aquestes proves pilot. Tot i així asseguren que segueixen desenvolupant aquesta tecnologia per poder oferir uns millors serveis, a traves del projecte OPERA. Però també n'hi ha d'altres que continuen oferint els seus serveis com es el cas de l'empresa Epresa, situada a la ciutat de Puerto Real (Cadiz) que sembla ser l'únic proveïdor PLC que dona servei a l'àrea outdoor, essent a més a més la primera

empresa a oferir internet a través de l'endoll el 26 de novembre de 2004. Actualment ofereix 600kbps, 1 i 3 mbps simètrics als preus de 21,27 i 33 euros respectivament.

Per l'altra banda hi ha empreses en l'actualitat que comencen a oferir serveis PLC, com així esta passant a Texas, TXU Electric Delivery que serà la primera empresa dels Estats Units que ha decidit adaptar la seua xarxa elèctrica per oferir comunicacions sobre les línies elèctriques. Aquesta empresa donarà a 2 milions dels seus abonats l'opció de "triple play": telefonia, internet de banda ampla i televisió, tot a través del endoll.

1.1.2. Tipus de xarxes elèctriques

Els sistemes de subministrament elèctric consisteixen en tres nivells de xarxa que es poden utilitzar com a medi de transmissió per a la construcció de xarxes PLC ([Figura 1](#)):

- Alt voltatge (110-380kV): són xarxes que connecten les centrals elèctriques amb regions extenses o grans clients. Aquestes xarxes són molt extenses, permetent inclús el intercanvi entre continents. Les xarxes d'alt voltatge normalment estan construïdes amb cables d'alta tensió, els quals normalment estan formats per cables de coure, alumini o acer recobert de alumini o coure.
- Mig voltatge (MV) (10-30kV): són xarxes que subministren grans àrees, ciutats o grans industries o clients comercials. L'extensió d'aquestes xarxes és significativament més petita que les xarxes d'alt voltatge. Les xarxes de mig voltatge tenen els cables situats en els pals elèctrics o també poden estar en xarxes subterrànies.
- Baix voltatge (230/400V, en els EU 110V): són xarxes que subministren als usuaris finals com també a clients individuals o els usuaris d'un gran client. Aquesta distància acostuma a ser d'uns pocs centenars de metres. En les àrees urbanes, les xarxes estan construïdes amb cables subterranis, per l'altra banda les àrees rurals estan construïdes normalment amb cables situats als pals elèctrics.

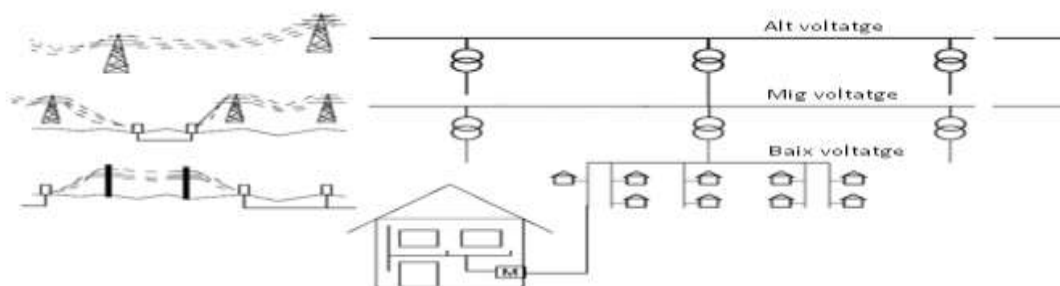


Figura 1: Estructura d'una xarxa de subministrament elèctric.

Les instal·lacions elèctriques a casa pertanyen al nivell de baix voltatge. Tanmateix, les instal·lacions internes normalment pertanyen al usuari, les quals estan connectades a la xarxa de subministrament a través d'un comptador (M, [Figura 1](#)). Per l'altra banda, la resta de la xarxa de baix voltatge, és a dir, la part que està fora de casa pertany a la companyia elèctrica.

Les xarxes de subministrament de baix voltatge estan connectades directament als usuaris finals en un gran nombre de vivendes arreu del món. A més a més, l'aplicació de la tecnologia PLC a les xarxes de baix voltatge sembla tenir perspectiva a captar aquest nombre elevat d'usuaris connectats. Per l'altra banda, les xarxes de baix voltatge cobreixen uns pocs centenars de metres entre els clients i el transformador i ofereixen una solució alternativa utilitzant tecnologia PLC per la realització de l'anomenada última milla en l'àrea d'accés de les telecomunicacions.

1.1.3. PLC indoor/outdoor

Tal com hem dit anteriorment, les instal·lacions elèctriques internes, és a dir, la xarxa que està connectada amb la xarxa de subministrament a través del comptador, són propietat del usuari i la resta pertany a la companyia elèctrica. Partint d'aquest punt podem distingir perfectament entre el PLC indoor i el outdoor ([Figura2](#)).

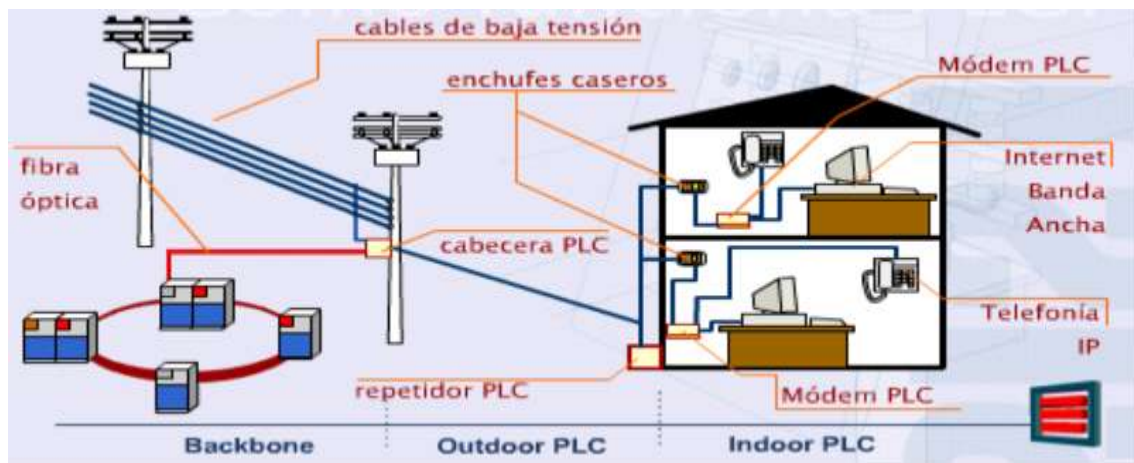


Figura 2: Arquitectura d'una xarxa PLC.

El sistema PLC outdoor o també anomenat d'accés, cobreix l'última milla i en el cas de la xarxa PLC que té origen en el transformador de baixa tensió fins al comptador del usuari final. Aquest primer sistema està administrat per un equip capçalera que connecta aquesta xarxa a una xarxa de transport de telecomunicacions o backbone.

D'aquesta manera el capçalera injecta a la xarxa elèctrica una senyal de dades que prové de la xarxa de transport.

El sistema PLC indoor, cobreix el tram que s'inicia al comptador i finalitza en tots els endolls ([Figura 3](#)). En aquest cas s'utilitza el sistema de cablejat elèctric. Per comunicar els sistemes indoor i outdoor, s'utilitza un gateway. Aquest equip s'instal·la al costat del comptador, a més a més esta format per un terminal mòdem i un capçalera. El primer component del gateway agafa la senyal del equip capçalera del sistema outdoor i el segon component es comunica amb el primer i injecta la senyal al tram indoor.

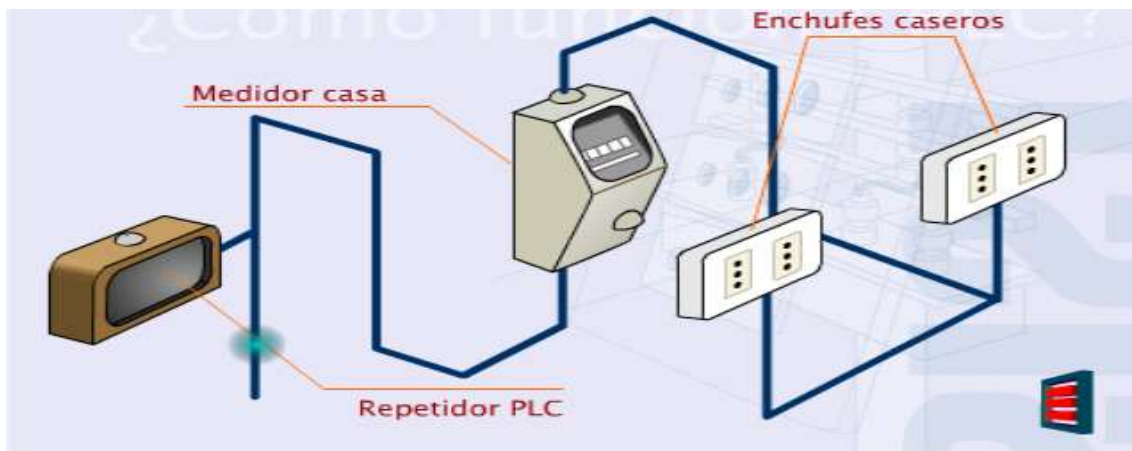


Figura 3: Arquitectura xarxa PLC indoor

El tercer i últim element de la xarxa PLC és el mòdem PLC ([Figura 4](#)), que agafa la senyal directament de la xarxa elèctrica a través del endoll. D'aquesta manera l'energia elèctrica com les senyals de dades que permeten la transmissió d'informació, comparteixen el mateix medi de transmissió, és a dir, el cablejat elèctric.

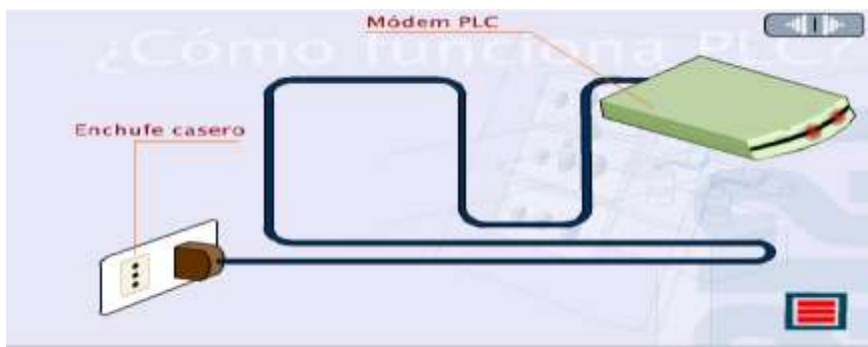


Figura 4: Últim tram de la xarxa PLC indoor.

Al mòdem PLC se li poden connectar un ordinador, un telèfon IP o qualsevol altre equip que tingui una interfície Ethernet o USB. Per la seva part el equip capçalera (l'equip emissor) emet senyals de baixa potència (50mW) en un rang de freqüències que van des de 1,6 MHz fins els 35MHz, és a dir, una freqüència molt superior als 50Hz

on funciona l'energia elèctrica ([Figura 5](#)). Al altre extrem del medi de transmissió existeix un receptor que es capaç d'identificar i separar la informació que ha sigut transmesa en el rang de freqüències indicat.



Figura 5: Rang de freqüències del PLC i la energia elèctrica.

El fet que tots dos serveis, l'energia elèctrica i la transmissió de dades, operin en freqüències diferents i tan llunyanes la una de l'altra, permet que pugin compartir el medi de transmissió sense que un interfereixi al altre o al inrevés. D'aquesta manera, la tecnologia PLC permet aprofitar una propietat pròpia del fil elèctric que fins a dia d'avui es trobava sense aprofitar la banda de freqüència no utilitzada per l'energia elèctrica.

1.1.4. PLC d'accés o outdoor

En aquest apartat a més d'explicar les xarxes PLC outdoor també explicarem els altres tipus de xarxes d'accés, en altres paraules, explicarem com els proveïdors connecten els seus usuaris a la WAN. No hi ha cap tipus d'informació concreta de cap proveïdor de PLC ja que ells la consideren informació confidencial i no poden donar cap tipus d'informació al respecte. En aquest apartat ens hem basat en [\[HRA04\]](#).

1.1.4.1. La importància de les xarxes d'accés en l'àrea de les telecomunicacions

Les xarxes d'accés són molt importants pels proveïdors de xarxa per el seu elevat cost i la possibilitat de la construcció d'un accés directe entre els usuaris/abonats

Últimament, al voltant del 50% de totes les inversions en les infraestructures de telecomunicacions són necessàries per la realització de les xarxes d'accés. Tanmateix, una xarxa d'accés connecta un numero limitat d'abonats, tot lo contrari que una xarxa de transport ([Figura 6](#)). A més a més, l'eficiència econòmica de les xarxes d'accés és significativament menor que les WAN (Wide Area Networks).

En el cas dels anomenats grans clients (empreses, govern o indústries), les xarxes d'accés connecten un gran nombre d'abonats els quals estan concentrats en un edifici o en un petit terreny. Els grans clients normalment utilitzen diversos serveis de telecomunicacions i porten grans beneficis als proveïdors de xarxa. A més a més, la realització de xarxes d'accés als grans clients té un sentit econòmic.

A l'altra banda dels grans clients, però no menys importants hi ha abonats individuals utilitzen els serveis de comunicació menys intensos. En conseqüència, la realització de les xarxes d'accés per els abonats individuals és també econòmicament menys eficient. Per l'altra banda, un accés directe als abonats incrementa les oportunitats als proveïdors de xarxa per oferir un gran nombre de serveis.

Després de la liberalització del mercat de les telecomunicacions en un gran nombre de països, la xarxa d'accés continua essent propietat dels antics monopolis. Els nous proveïdors de xarxa construeixen les seues pròpies xarxes de transport (WAN), però han de seguir utilitzant la infraestructura d'accés de la companyia propietària. Per aquesta raó, els nous proveïdors de xarxa intenten trobar una solució per oferir les seues xarxes d'accés pròpies per als abonats. Per l'altra banda, un ràpid desenvolupament dels nous serveis de telecomunicacions incrementa la demanda per més capacitat de transmissió en les xarxes de transport com també en l'àrea d'accés. A més a més, hi ha una necessitat permanent per a l'extensió de la infraestructura d'accés. Hi ha dues possibilitats per a l'expansió de les xarxes d'accés:

- Construir noves xarxes.
- Utilització de la infraestructura existent.

La construcció de noves xarxes d'accés és la millor manera de implementar les més innovadores tecnologies de telecomunicacions, les quals et permeten oferir uns serveis més atractius. Per l'altra banda, la construcció de noves xarxes d'accés és car. D'aquesta manera, la utilització d'infraestructura existent per a la realització de xarxes d'accés és una opció més atractiva per als proveïdors de xarxes per els baixos costos. Tanmateix, la infraestructura existent ha de ser renovada i equipada per oferir nous serveis també.

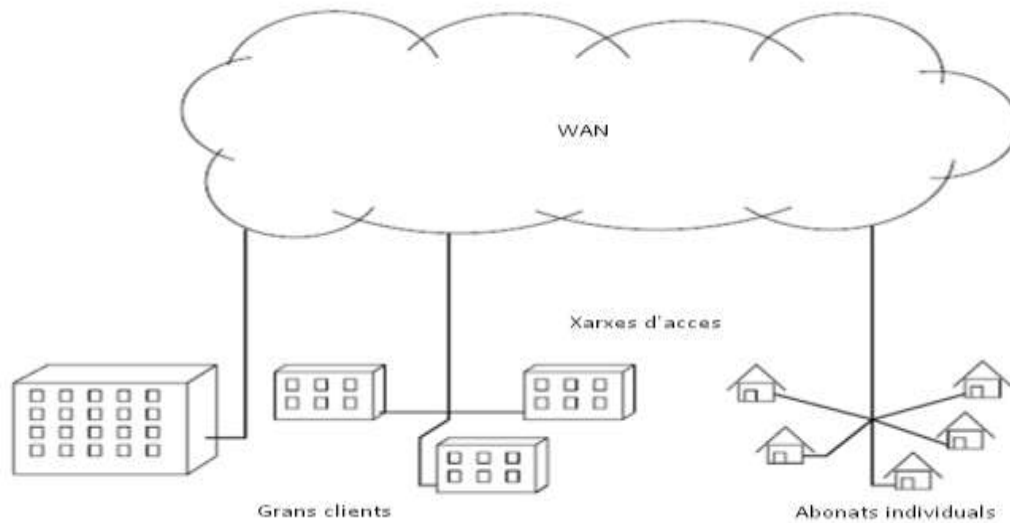
Serveis IP sota la xarxa elèctrica (PLC)

Figura 6: Estructura general d'una xarxa de telecomunicacions.

1.1.4.2. Construcció de les noves xarxes d'accés

En general, la construcció de noves xarxes d'accés es poden realitzar amb les següents tècniques:

- Nou cable o xarxa òptica.
- Sistemes d'accés wireless.
- Via satèl·lit.

En l'actualitat, les xarxes de telecomunicacions òptiques ofereixen taxes de transferència de dades superior a qualsevol altra tecnologia de telecomunicacions. És freqüent la utilització de sistemes de transmissió òptics dins les xarxes de transport (WAN) ja que redueixen el seu cost. A més a més, la implementació de xarxes òptiques es converteix en una solució econòmicament eficient per l'àrea d'accés. Això ens permet tenir la suficient capacitat de transmissió i uns serveis atractius.

Tanmateix, el fet de canviar a fibra òptica és molt costós. A més si el vols instal·lar dins de les àrees urbanes potser tindràs problemes legals i costos addicionals. Finalment, la construcció de nou cable o de fibra òptica porta mol de temps. Per totes aquestes raons, la construcció d'aquestes xarxes es fa majoritàriament en noves instal·lacions i en zones amb una gran concentració d'abonats.

Per evitar posar nou cable o fibra òptica, diferents sistemes de transmissió wireless poden ser aplicats a l'àrea d'accés. Els dos tipus de sistemes de transmissió wireless són els següents:

- Sistemes mòbils wireless.
- Sistemes fixes wireless.

Els sistemes wireless mòbils més coneguts són DECT, GSM/GPRS i UMTS. Les xarxes mòbils proporcionen a un gran nombre de cel·les per cobrir una àrea de comunicacions extensa, la qual assegura una permanent connexió per als abonats en l'àrea de cobertura (xarxa de cel·les, [Figura 7](#)). El rang de freqüències és assignat en cada cel·la permeten la comunicació entre les terminals mòbils i les estacions base. Les freqüències (o codi en UMTS) de les cel·les veïnes ha de ser diferent per evitar les interferències entre elles. En general, una estació base cobreix un nombre de cel·les wireless i les connecta a la WAN. Els sistemes wireless mòbils ofereixen una taxa de transmissió de dades superior als 2Mbps.

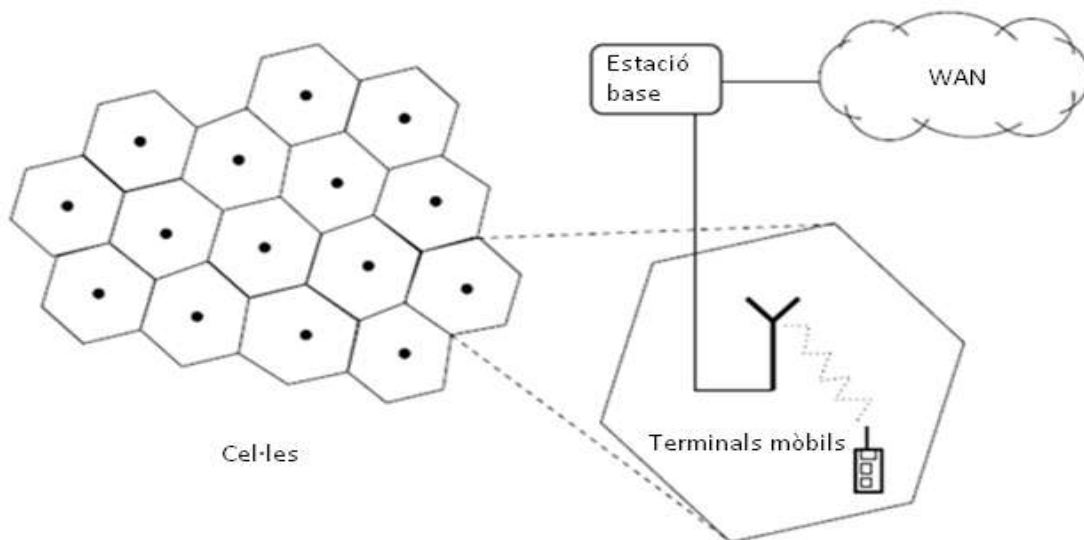


Figura 7: Estructura d'una xarxa wireless mòbil.

Els sistemes wireless fixes, anomenats sistemes WLL (Wireless Local Loop), són més apropiats per aplicacions en l'àrea d'accés que els sistemes mòbils. Els sistemes WLL també ens permeten connectar un nombre d'abonats situats en un àrea petita. A diferència dels sistemes wireless mòbils, els abonats al WLL tenen una posició fixa amb antenes situades sobre els edificis o cases. A més a més, els sistemes WLL ens donen uns camins (path) de constant propagació entre la estació base i els abonats. En conseqüència, ens donen una millor comportament de la relació senyal-soroll (SNR, signal-to-noise ratio) que en els sistemes wireless mòbils. Les taxes de transferència son també superiors: 10Mbps de baixada (de la estació base al abonat) i 256kbps de

Serveis IP sota la xarxa elèctrica (PLC)

pujada (del abonat a la estació base). Tanmateix, aquestes taxes segueixen augmentant en el transcurs del temps.

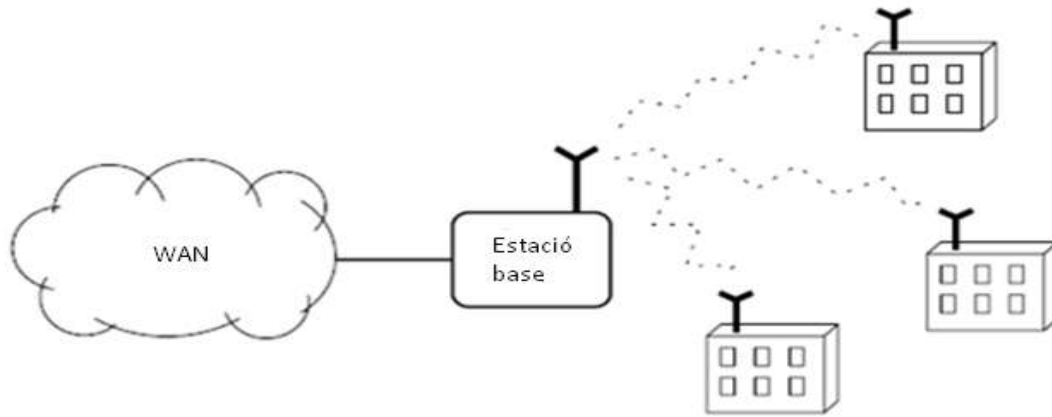


Figura 8: Estructura d'una xarxa wireless fixa - Wireless Local Loop.

Els sistemes WLL realitzen connexions entre l'estació base i un receptor, en aquest cas un client, equipat amb antena. Una estació client normalment cobreix un edifici o una casa amb un nombre de abonats individuals utilitzant diversos serveis de telecomunicacions. La connexió entre la estació client i els abonats es pot realitzar de diferents maneres, de forma tradicional (cablejat) o com una xarxa wireless.

En l'actualitat, les xarxes wireless o WLAN (Wireless Local Area) normalment s'utilitzen dins dels edificis i cobreixen relativament una àrea petita, assegurant taxes de transferència superiors als 50Mbps. Els sistemes WLAN són utilitzats per cobrir un petit nombre d'habitacions en unes oficines, per cobrir els voltants d'una casa, etc. Per aquest motiu, una o més antenes són instal·lades, la qual cosa fa possible la utilització de diversos aparells de comunicacions al llarg de tota l'àrea de cobertura, sense la necessitat d'utilitzar cap tipus de cablejat. Les antenes estan situades als access points (AP, [Figura 9](#)), els quals estan connectats a una xarxa cablejada i d'aquí es connecten a la WAN.

Els dos sistemes tant el mòbil com el fix són bastant cars per les aplicacions en l'àrea d'accés. A més a més, la cobertura en àrees més grans amb sistemes wireless necessita un gran nombre d'estacions base i antenes, les quals incrementen el cost total de la xarxa. Finalment, les màximes taxes de transferència que s'aconsegueixen amb sistemes WLAN són significativament menors que les obtingudes per les xarxes òptiques.

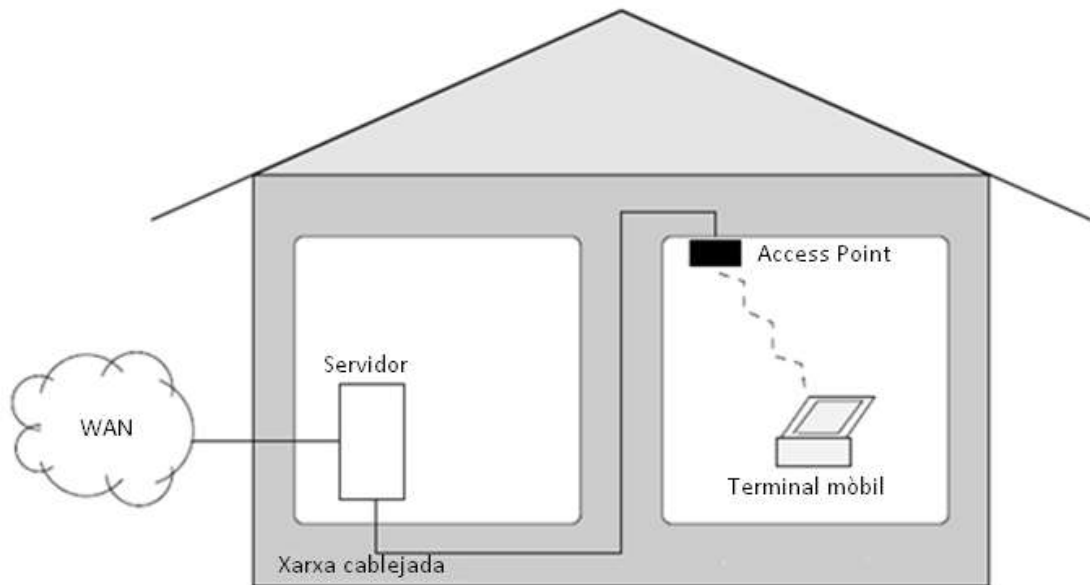


Figura 9: WLAN.

La tercera possibilitat per la realització de xarxes d'accés són els sistemes via satèl·lit, les quals són utilitzades en l'actualitat per cobrir grans distàncies a nivell mundial. Els satèl·lits d'òrbita baixa (LEO) i d'òrbita mitja (MEO) van ser desenvolupats per aplicacions en l'àrea de comunicacions. Aquest tipus de satèl·lits, haurien d'ampliar les cel·les existents i substituir total o parcialment les estacions base. Tanmateix, els sistemes d'accés via satèl·lit no tenen gaire eficiència econòmica i molts projectes de satèl·lits han sigut cancel·lats.

1.1.4.3. Utilització de la infraestructura existent en l'àrea d'accés

La construcció d'una xarxa de comunicacions és cara i pot ser evitada per la utilització d'infraestructura existent per la realització de xarxes d'accés. En aquest cas, les xarxes ja existents són utilitzades per connectar els abonats a la xarxa de transport. Les següents xarxes poden ser utilitzades per el següent propòsit:

- Les xarxes de telefonia clàssica.
- Les xarxes de TV per cable (CATV).
- Les xarxes de subministrament elèctric.

En l'actualitat, les xarxes de telefonia clàssica estan equipades amb sistemes de línia d'abonat digital (DSL, Digital Subscriber Line) que ens donen grans taxes de transferència de dades en l'àrea d'accés. ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) és

Serveis IP sota la xarxa elèctrica (PLC)

una variant de la tecnologia DSL, majoritàriament aplicada en les xarxes accés. La tecnologia ADSL assegura 8Mbps de baixada i 640kbps de pujada sota condicions òptimes.

Els abonats que utilitzen els sistemes d'accés DSL estan connectats amb un node central que realitza funcions de switch, com per exemple un centre de transformació local (local exchange office), sobre una xarxa amb topologia d'estrella, la qual cosa permet a cada abonat utilitzar la totalitat de les taxes de transferència ([Figura 10](#)). Els nodes centrals estan normalment connectats a la xarxa backbone (WAN) sobre un sistema distribuït utilitzat com a medi de transmissió fibra òptica.

Per la realització de xarxes DSL d'accés, el equipament apropiat és indispensable en el costat del abonat, com per exemple els mòdems ADSL, com també del costat del node central. En general, els mòdems ADSL del costat del abonat connecten diversos aparells de comunicacions a la línia de transmissió. En l'actualitat, el servei més utilitzat emprant la tecnologia DSL és internet de banda ampla. Tanmateix, hi ha la possibilitat de la realització de telefonia clàssica com també serveis avançat com la transmissió de diverses senyals de vídeo. El node central està connectat a un nombre de mòdems que connecten als abonats individuals i actua com a concentrador, també anomenat multiplexor DSL d'accés, connectant el usuari final DSL a la xarxa de backbone.

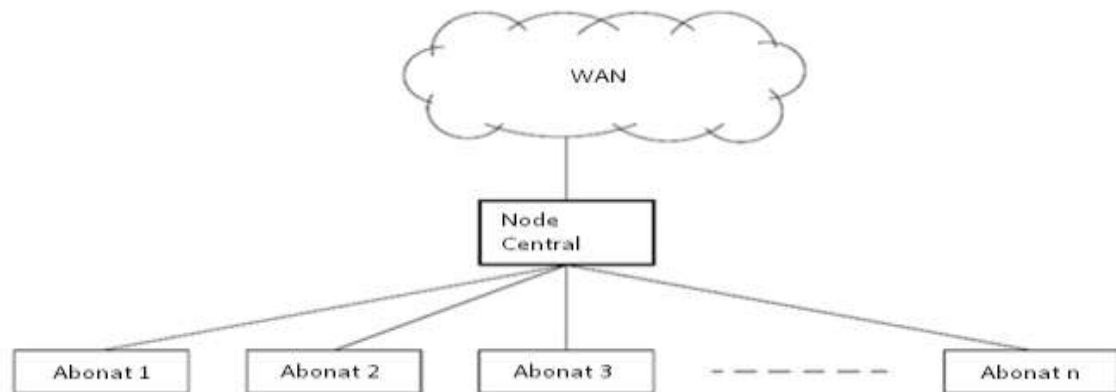


Figura 10: Estructura d'una xarxa d'accés DSL.

Per tant, per la realització de xarxes d'accés basades en tecnologia DSL, és només necessari instal·lar un mòdem apropiat en el costat del abonat i al node central. Tanmateix, en alguns casos hi ha la necessitat de una reconstrucció parcial o la millora de la línia del abonat, si la xarxa física no satisfà els requisit pel correcte funcionament de la línia DSL. Les màximes taxes de transmissió en els sistemes DSL depenen de la longitud de les línies dels abonats i les seues característiques de transmissió. La

següent taula presenta un resum de les diferents tècniques DSL i les seues característiques:

Taula 1: Característiques dels sistemes xDSL.

Acrònim	Significat del acrònim	Vel. de transmissió	Mode	Màx. Dist. (km)
DSL	Digital Subscriber Line	160 kbps	Duplex	6
HDSL	High-data-rate DSL	1,544 Mbps	Duplex	4
		2,048 Mbps		
SDSL	Single-line DSL	1,544 Mbps	Duplex	3
		2,048 Mbps		
ADSL	Asymmetric DSL	1,5 a 6,144 Mbps	Baixada	4 a 6
		16 als 640 Mbps	Pujada	
VDSL	Very-high-data-rate DSL	13 a 52 Mbps	Baixada	0,3 a 1,5
		1,5 a 2,3 Mbps	Pujada	

Les xarxes de televisió per cable CATV estan dissenyades per l'emissió de programes de TV i la posterior recepció a casa, però també és utilitzat per altres serveis de comunicacions. En algunes regions, les xarxes CATV estan àmpliament extenses i connecten a un gran nombre d'usuaris finals. El cablejat utilitzat per xarxes CATV ha d'assegurar unes taxes de transmissió de dades elevades per tal de poder donar múltiples canals de televisió amb una qualitat acceptable. A més a més, les xarxes CATV semblen ser una solució alternativa per la realització de xarxes d'accés. Els sistemes d'accés realitzats sobre xarxes CATV ens ofereixen 50Mbps de baixada i 5Mbps de pujada. Tanmateix, si tenim 600 abonats connectats a la xarxa d'accés CATV, aquests 600 usuaris hauran de compartir aquesta capacitat comú de xarxa ja que és un medi compartit.

Els abonats a les xarxes d'accés CATV estan connectades a un node central, de forma similar a les xarxes d'accés DSL ([Figura 11](#)). Els cable mòdems són els apropiats, i també són necessaris en les dues bandes: la del abonat i la del node central. Els abonats al sistema CATV estan connectats a la xarxa d'accés que ha de ser capaç de utilitzar diversos serveis de comunicacions. Tanmateix, dins de la xarxa hi ha amplificadors que normalment s'utilitzen en la direcció de baixada, degut a funció principal de les xarxes CATV que són les de transmetre les senyals de l'antena central als abonats. A més a més, els amplificadors han de ser modificats per operar en ambdues direccions, és a dir, permetre la transmissió bidireccional, és totalment necessari per la realització de xarxes d'accés.

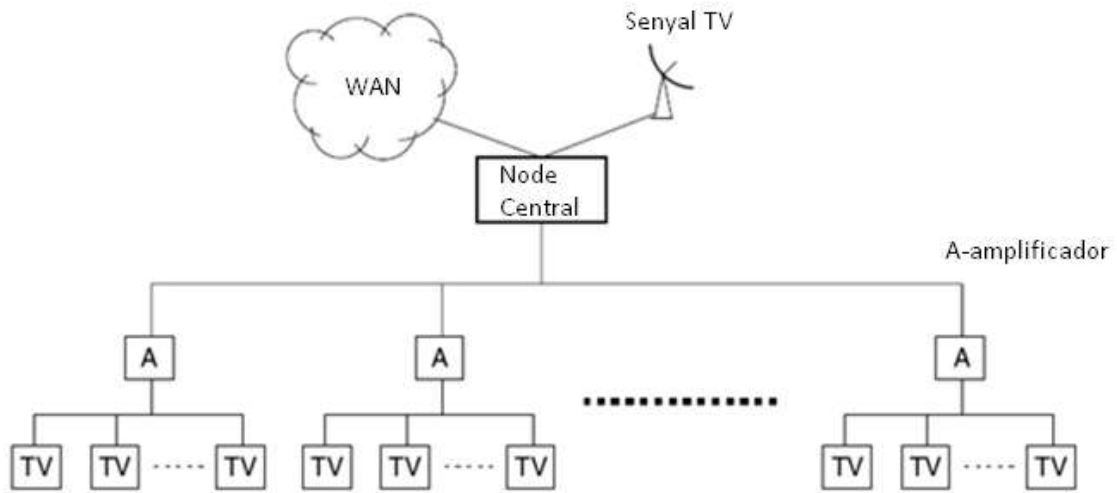


Figura 11: Estructura d'una xarxa d'accés CATV.

Les xarxes telefòniques normalment pertanyen a companyies monopolístiques i el gran desavantatge per als nous proveïdors de xarxa és la utilització dels seus serveis com el ADSL. Això també passa molt sovint en el cas de les xarxes CATV. Addicionalment, les xarxes CATV han de ser capaces de fer una transmissió bidireccionalment, la qual cosa porta despeses addicionals. En alguns casos, les línies d'abonat s'han de modificar per assegurar les aplicacions de la tecnologia DSL, la qual cosa incrementa les despeses també. Degut a aquestes raons, la utilització dels sistemes de subministrament elèctric per a les comunicacions sembla ser una solució raonable per a la realització de xarxes d'accés alternatives. Tanmateix, la tecnologia PowerLine Communications (PLC) hauria de donar una solució econòmicament eficient per oferir diversos serveis de comunicacions amb una qualitat que els pugui fer competir amb les altres tecnologies.

1.1.4.4. PLC de banda estreta

Les xarxes PLC de banda estreta treballen dins del rang de freqüències especificat per l'estàndard CENELEC ([Taula 3](#)). El rang de freqüències està dividit en tres: el A s'utilitza per utilitats de subministrament elèctric, i la B i C són per a ús privat. Aquests rangs utilitzen un ample de banda estret del PLC per al funcionament dels serveis relacionats amb l'electricitat (energy-related). Els rangs de freqüència B i C són principalment utilitzats en cases i edificis per realitzar tasques automàtiques, com seria

el cas de la domòtica. En l'actualitat, els sistemes PLC de banda estreta ens donen uns pocs milers de bits per segon (bps) i la màxima distància entre dos nodes PLC pot arribar a 1 km. Per superar aquestes distàncies caldria aplicar un repetidor.

Els sistemes PLC de banda estreta poden aplicar les modulacions de banda estreta i ampla. L'ample de banda estret en PLC utilitza la modulació per desplaçament d'amplitud (Amplitude Shift Key, ASK). El ASK no és tan robust contra el soroll, distorsions, etc i no es tant idoni per les aplicacions en xarxes PLC. Per l'altra banda, la modulació per desplaçament de fase binaria (Binary Phase Shift Keying, BPSK) és un pla més robust i, a més a més, és més idoni per les aplicacions PLC. Tanmateix, la detecció de fase és essencial per el correcte funcionament de la BPSK, sembla ser complexi els sistemes basats en BPSK no són gaire utilitzats. El sistemes PLC de banda estreta més actuals utilitzen una modulació per freqüència (Frequency Shift Keying, FSK) i es preveu que la modulació BPSK s'utilitzi en un futur proper.

Aquest tipus de modulació és també utilitzada en els sistemes PLC de banda ampla. Els avantatges de la modulació de la banda ampla, com a diverses variants del espectre engrandit (spread spectrum, espectro ensanchado), robustesa al soroll i a la atenuació que existeix en les xarxes PLC. Un altre sistema utilitzat en els sistemes PLC de banda estreta és la multiplicació per divisió de freqüències ortogonals (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM).

Una area important en la utilització del PLC de banda estreta és en l'automatització en cases o edificis. Els sistemes d'automatització basats en PLC és realitzen sense la instal·lació de cap xarxa addicional ([Figura 12](#)). D'aquesta manera , el cost elevat necessari per a la instal·lació de noves xarxes en edificis ja construïts pot ser disminuïts amb la utilització de la tecnologia PLC. Els sistemes d'automatització realitzats sobre PLC poden realitzar les següents tasques:

- Control de diversos aparells que estan connectats a la instal·lació elèctrica interna: il·luminació, calefacció, aire acondicionat, ascensors, etc.
- La centralització de diversos sistemes de l'edifici: finestres o el control de portes
- Tasques de seguretat: observació, interconnexió de sensors, etc.

Aquest sistemes no només poden ser utilitzats en grans edificis sinó que també aquest serveis poden estar presents en cases privades.

La variant PLC del estàndard EIB (European Installation Bus) s'anomena Powernet-EIB. El EIB és un sistema domòtic desenvolupat per la Unió Europea, que esta basat en l'estructura de nivells OSI i té una arquitectura descentralitzada. Els mòdems PLC dissenyats segons Powernet-EIB poden ser fàcilment connectats a qualsevol endoll o

Serveis IP sota la xarxa elèctrica (PLC)

també estar integrats en qualsevol aparell connectat a la instal·lació elèctrica. Això assegura la comunicació entre tots els elements de la xarxa elèctrica.

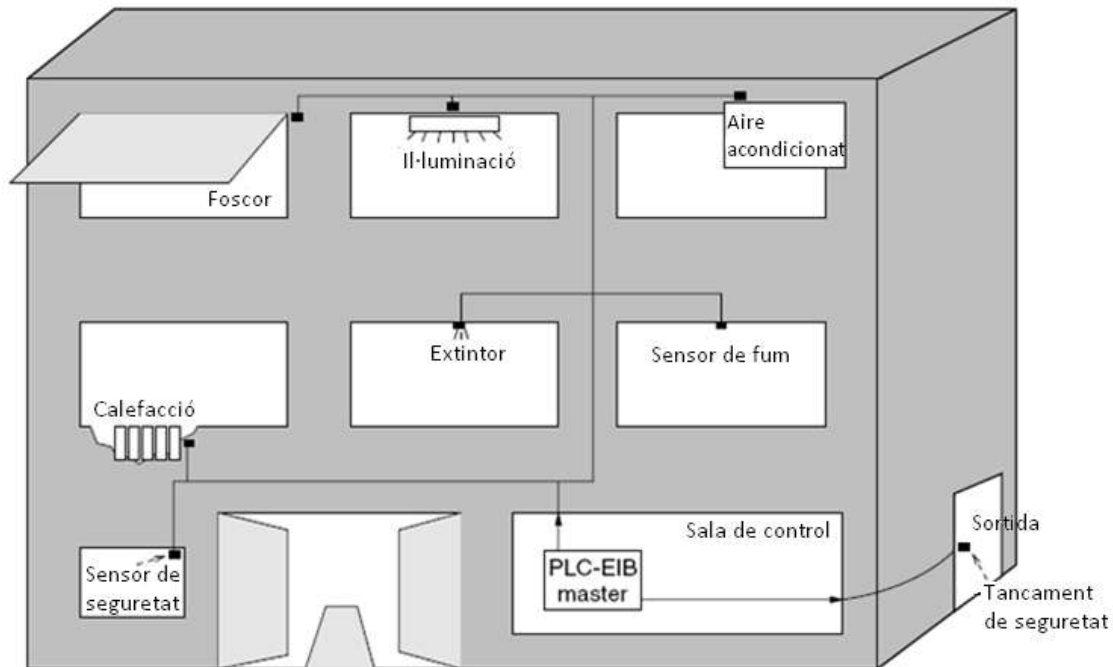


Figura 12: Estructura d'una casa intel·ligent utilitzant PLC de banda estreta.

Tal com especifica el estàndard CENELEC, aquestes utilitats poder fer servir el rang de freqüències A per la realització dels serveis relacionats amb l'electricitat. D'aquesta manera, la utilitat empra el PLC per comunicar-se amb el centre de control i els altres aparells, assegurant les funcions de control remot, sense necessitat de construir una xarxa de comunicacions extra o comprar recursos de xarxa a un proveïdor. (Figura 13) Simultàniament, el PLC es pot utilitzar per a la lectura remota del comptador del client i així estalviar-nos el personal necessari per fer la lectura manual. Finalment, el PLC de banda estreta també pot ser utilitzat per utilitats de preu dinàmic, és a dir, canviar el preu segons l'hora del dia o segons l'energia oferta, etc com també per l'observació i control de l'energia consumida i produïda. En aquest últim cas, aquestes utilitats han d'intentar integrar un nombre de petites centrals elèctriques com per exemple: petites estacions hidroelèctriques, centrals eòliques, etc. Tanmateix, aquestes petites centrals no són del tot fiables ja que depenen de les condicions atmosfèriques. A més a més, aquestes regions que se autosubministren amb aquestes petites centrals elèctriques també seria necessàries altres recursos pel seu subministrament quan aquest fos necessari. Amb aquesta finalitat, les utilitats necessiten una comunicació permanent entre les seues entitats de subministrament, i aquesta tasca també es pot realitzar amb PLC.

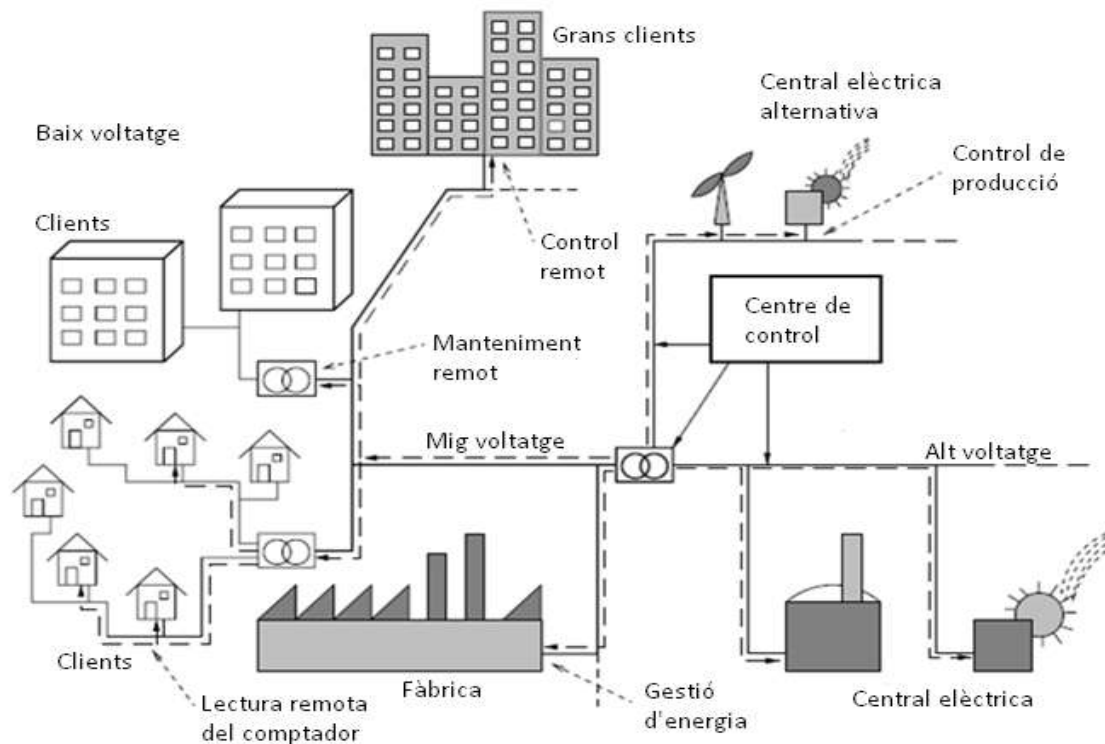


Figura 13: Estructura d'un sistema PLC que ofereix serveis elèctrics.

Un edifici autòmat és una aplicació típica del sistema PLC de banda estreta considerant que la gran majoria de serveis són indoor. Un exemple d'una aplicació PLC en l'àrea outdoor es tracta del sistema d'enllumenat dels aeroports. Aquest sistema s'utilitza per el engegat individual i per la supervisió dels aeroports. Els aeroports són molt grans i amb conseqüència les xarxes de comunicacions també. Per tant, el sistema PLC pot ser aplicat per reduir costos en les xarxes separades dels edificis. Aquest a més és un exemple de la utilització del PLC que necessita uns requeriments forts de seguretat.

1.1.4.5. PLC de banda ampla

Els sistemes PLC de banda ampla ens ofereixen taxes de transmissió de dades, superiors als 2Mbps, que els sistemes PLC de banda estreta. On les xarxes de banda estreta poden realitzar uns pocs canals de veu i transmissió de dades amb una menor taxa de transmissió de dades, les xarxes PLC de banda ampla ofereixen uns serveis de telecomunicacions més sofisticats: diversos canals de veu, altres taxes de transmissió de dades, transmissió de senyals de vídeo, i per suposat els serveis de la banda estreta.

El funcionament del servei de comunicacions de banda ampla sobre la xarxa elèctrica ofereixen una gran oportunitat de abaratir costos sense la necessitat de passar nous cables. Tanmateix, les xarxes de subministrament elèctric no estan dissenyades per a la transferència d'informació i també existeixen algunes limitacions en les aplicacions PLC de banda ampla. A més a més, les distàncies que ha de cobrir com també les taxes de transmissió són limitades. Un altre aspecte important a tenir en compte en les aplicacions PLC de banda ampla és la seua compatibilitat electromagnètica (CE), és una part de la enginyeria elèctrica que s'encarrega d'estudiar les interferències ocasionades entre els equips elèctrics i electrònics. Per el funcionament del PLC de banda ampla, es necessita un ampli espectre de freqüència superior als 30Mhz que està establert dins del rang CENELEC. Per l'altra banda, una xarxa PLC actua com una antena convertint-se en una font de soroll per altres sistemes de comunicacions en el mateix rang de freqüències, per exemple algunes senyals de radio. Partint d'aquest fet, els sistemes PLC de banda ampla han de funcionar amb una senyal limitada, la qual cosa disminueix el seu funcionament (taxa de transmissió de dades, distàncies).

Els actuals sistemes PLC de banda ampla ens ofereixen taxes de transmissió de dades superiors als 2Mbps en l'àrea outdoor, la qual cosa inclou les xarxes de subministrament de baix i mig voltatge, i superior als 100Mbps en l'àrea indoor. Actualment, hi ha desenvolupadors que ja han desenvolupat alguns productes que ens ofereixen taxa de transmissió de dades superiors als 200Mbps. La tecnologia PLC de mig voltatge s'utilitza per realitzar comunicacions punt a punt on les distàncies són superiors als centenars de metres. Les aplicacions típiques en una xarxa de mig voltatge són la connexió a les xarxes d'àrea local (LAN) entre edificis o campus i la connexió d'antenes i estacions base de sistemes de comunicació cel·lular (cellular communication systems) a les seues xarxes backbone. La tecnologia PLC de baix voltatge s'utilitza per cobrir la última milla. Per aquest motiu els desenvolupaments de la tecnologia PLC de banda ampla estan basats en aplicacions relacionades en les xarxes d'accés incloent l'àrea indoor. En diferència amb els sistemes de banda estreta PLC, no hi ha cap estàndard aplicable a les xarxes PLC banda ampla, però sí que existeix un borrador presentat per Opera.

1.1.5. Estructura d'una xarxa d'accés PLC

Les xarxes de baix voltatge consisteixen en un transformador i un nombre de cables de corrent que uneixen amb els usuaris finals, els quals estan connectats a la xarxa a través del comptador. Un sistema de transmissió PLC aplicat a una xarxa de baix

voltatge es utilitzat per al funcionament de les xarxes accés PLC. D'aquesta manera, les xarxes de baix voltatge poden ser utilitzades en les xarxes de comunicació pel funcionament de la última milla.

Les xarxes de baix voltatge estan connectades a les xarxes de mig i alt voltatge a través de transformadors. Les xarxes d'accés PLC estan connectades a la xarxa de comunicacions backbone (WAN) a través de la estació base/master (BS), o també anomenat capçalera, normalment ubicada dins del transformador. Moltes utilitats que abasteixen electricitat tenen la seua pròpia xarxa de comunicacions unint el seus transformadors i poden ser utilitzades com xarxes backbone. Si aquest no és el cas, els transformadors poden ser connectats a una xarxa de comunicacions convencional.

La connexió a la xarxa de backbones es pot realitzar a través de la via d'abonat o a través del caixetins del pals elèctrics. En qualsevol cas, la senyal de comunicació des de el backbone s'ha de convertir de forma que sigui possible la transmissió a través de la xarxa de baix voltatge. La conversió es produeix en la estació base/master del sistema PLC.

Els abonats al servei de PLC estan connectats a la xarxa a través d'un gateway PLC situat al comptador de corrent elèctric (M, [Figura 14](#)) i connectats a qualsevol endoll de la xarxa elèctrica domèstica a través del mòdem PLC. En el primer cas, els abonats dins la casa i edifici estan connectats al mòdem PLC a través d'una altra tecnologia de comunicacions, com per exemple DSL o WLAN. En el segon cas, la instal·lació elèctrica domèstica s'utilitza com medi de transmissió anomenada solució PLC in-home.

El mòdem transforma la senyal rebuda de la xarxa PLC al format estàndard per poder ser processat pels sistemes convencionals de comunicació. En l'altre costat, les interfícies de comunicació estàndard com Ethernet i ISDN són els serveis normalment més oferts. Dins de casa, la transmissió pot ser realitzada per diferents xarxes de comunicacions o a través de la instal·lació interna (solució PLC in-home). D'aquesta manera, un nombre d'aparells de comunicacions poden ser connectats dins la casa a la xarxa d'accés PLC.

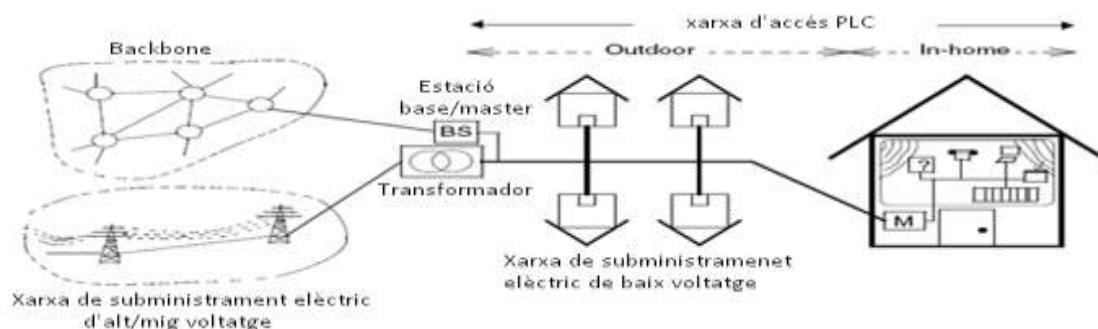


Figura 14: Estructura d'una xarxa d'accés PLC.

1.1.6. Pas final: connexió d'una xarxa d'accés PLC al backbone

Aquest pas, com també la construcció de xarxes d'accés és una tasca que exclusivament poden realitzar les companyies elèctriques, ja que elles són les propietàries de les xarxes elèctriques però de totes maneres explicarem com fan aquesta tasca. En aquest apartat també ens hem basat en [\[HRA04\]](#)

Una xarxa d'accés PLC cobreix l'anomenada última milla en l'àrea de les telecomunicacions. Això vol dir que els últims metres de les àrees d'accés poden funcionar aplicant tecnologia PLC a les xarxes de baix voltatge. Per l'altre banda, les xarxes d'accés PLC estan connectades a la xarxa backbone a través de xarxes de comunicacions distribuïdes, tal com es mostra en la [figura 15](#). En general, una xarxa de distribució connecta una estació base PLC amb un centre de transformació local (local exchange office) que funciona gràcies als proveïdors de xarxa.

La finalitat de la tecnologia PLC hauria de ser la d'abaratir el costos en construir noves xarxes de telecomunicacions. Tanmateix, la xarxa d'accés PLC ha de estar connectada a la WAN amb la qual cosa els costos també augmenten. A més a més, una xarxa backbone PLC ha de funcionar amb la menor inversió per tal de assegurar la competitivitat de les xarxes PLC amb les altres tecnologies.

1.1.6.1. Les xarxes de distribució

La solució més econòmica per la creació de la connexió entre la xarxa d'accés PLC i la xarxa backbone és la utilització de sistemes de comunicació que ja estan disponibles en l'àrea d'aplicacions. Alguns transformadors estan ja connectats a la xarxa de manteniment via cables de comunicació estàndard (línies copper). Originalment, aquestes connexions s'utilitzaven per el control remot de funcions i les comunicacions internes entre la xarxa del centre de subministrament i el personal de manteniment i equipament. Tanmateix, poden ser utilitzades per la connexió entre les xarxes PLC i el backbone aplicant alguna de les tecnologies DSL.

Durant l'última dècada, moltes utilitats elèctriques s'efectuen en xarxes òptiques al llarg de les seves línies de servei, les quals es connecten al backbone. En aquest cas, la xarxa d'accés és òptica i la part corresponent a la xarxa PLC ([Figura 15](#)), la qual fa ser una solució híbrida semblant a les xarxes HFC (Hybrid Fiber Coax). Una altra solució per

la connexió amb el backbone és l'aplicació de tecnologia PLC de xarxes de mig voltatge, que es connecten amb xarxes de baix voltatge.

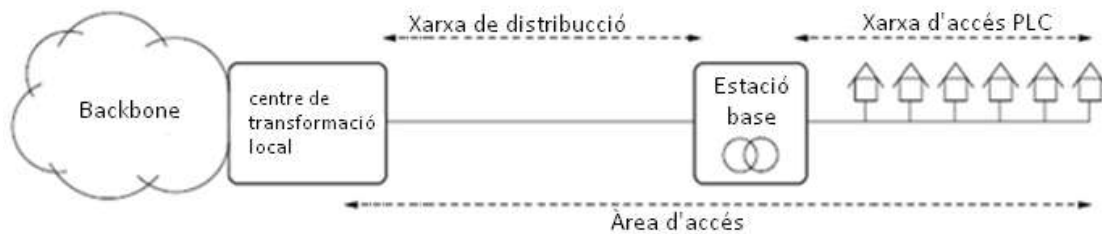


Figura 15: Connexió a la xarxa backbone.

La utilització d'una tecnologia de comunicacions diferents al PLC per la connexió al backbone depèn també de les oportunitats tècniques del proveïdor que opera a les xarxes d'accés al PLC. L'ús de sistemes de comunicació existents, com a utilitat de subministrament o com a proveïdor independent, és una solució que t'allibera de problemes. Generalment, les possibilitats per a la connexió amb el nucli de la xarxa són les següents:

- Utilització de tecnologia ja existent o la creació de xarxes de cable o òptiques.
- Realització d'una xarxa de distribució wireless.
- La utilització de tecnologia de MV (mig voltatge) en les xarxes.

Les xarxes de distribució PLC han d'assegurar la transmissió de tots els serveis oferts en les xarxes d'accés PLC. També, les xarxes PLC no han de ser un coll de botella en l'estructura comú de comunicacions entre els abonats del PLC i la xarxa backbone. A més a més, un backbone ha de donar la suficient capacitat de transmissió i la garantia de Qualitat de Servei.

1.1.6.2. Topologia de les xarxes de distribució

Una solució raonable per la connexió de múltiples xarxes d'accés PLC, ubicades dins d'una àrea petita, és la realització de la unió de la xarxa de distribució connectant un nombre de xarxes PLC, tal com es mostra a la [Figura 16](#). Les xarxes de distribució es poden realitzar de diferents topologies independentment de la tecnologia aplicada (bus, estrella o anell). La topologia seleccionada ha d'assegurar el cost-efectivitat, però també ha de ser segura, fiable (incloent la redundància en cas de fallida), i això depèn de la localització de les xarxes d'accés PLC en consideració amb la posició del centre de transformació local ([Figura 15](#)).

Serveis IP sota la xarxa elèctrica (PLC)

La topologia de bus és una de les possibles solucions que es poden realitzar a baix cost dins de l'àrea d'aplicació adequada ([Figura 16](#)). Tanmateix, el factor cost no es el únic criteri per decidir la topologia de la xarxa de distribució. Un criteri més important a tenir en compte és la fiabilitat en cas de caigudes. Per tant, en la topologia de bus si cau un enllaç entre dos xarxes d'accés PLC, tota la resta de xarxes d'accés ubicades darrere del enllaç caigut també estaran desconnectades de la WAN. Una possible solució és una xarxa amb topologia de estrella connectant cada xarxa d'accés PLC per separat.

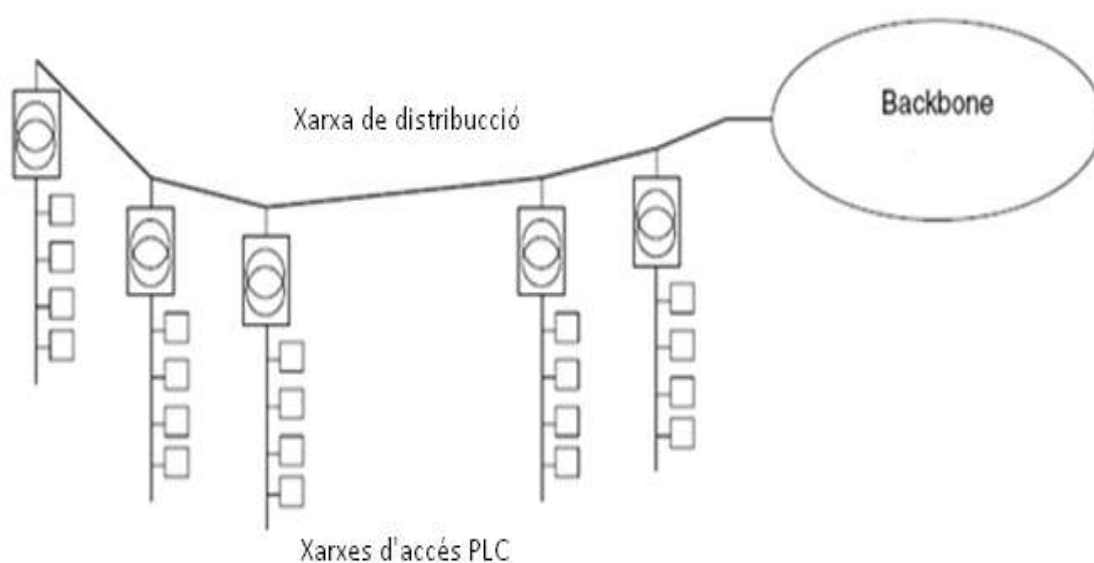


Figura 16: Xarxa de distribució PLC amb topologia de bus.

La topologia d'estrella és adequada per l'aplicació de tecnologia DSL en les xarxes de distribució PLC. Tanmateix, la caiguda d'un sol enllaç només desconnectaria aquella xarxa d'accés PLC i no hi hauria cap possibilitat de la realització de una connexió alternativa per part de la xarxa d'accés afectada al backbone sobre un enllaç de transmissió redundant. A més a més, una topologia d'anell ([Figura 18](#)) sembla la solució més raonable per augmentar la fiabilitat de la xarxa. En cas de caiguda d'un enllaç en una topologia d'anell, sempre hi ha la possibilitat de un camí alternatiu. Per suposat, que la reorganització dels camins de transmissió entre les xarxes d'accés PLC i el backbone s'ha de fer automàticament i en un interval de temps relativament petit. D'aquesta manera la tecnologia de transmissió aplicada en les xarxes backbone ha de suportar la implementació d'una estructura d'anell.

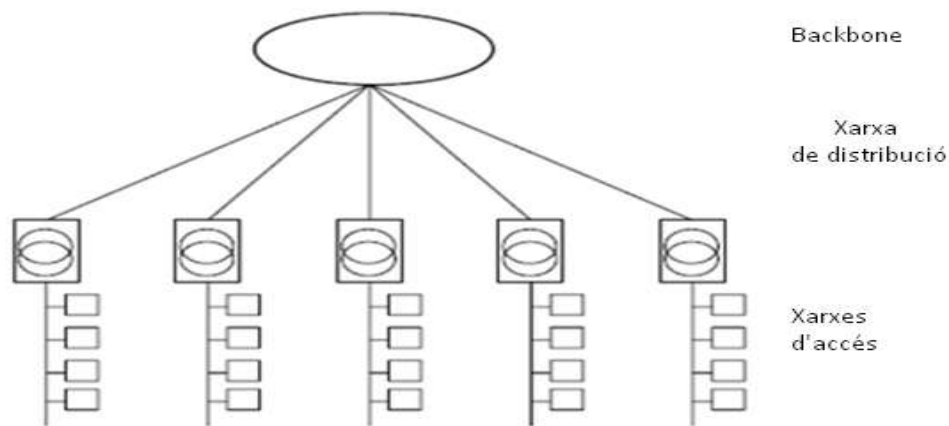


Figura 17: Xarxa de distribució PLC amb topologia d'estrella.

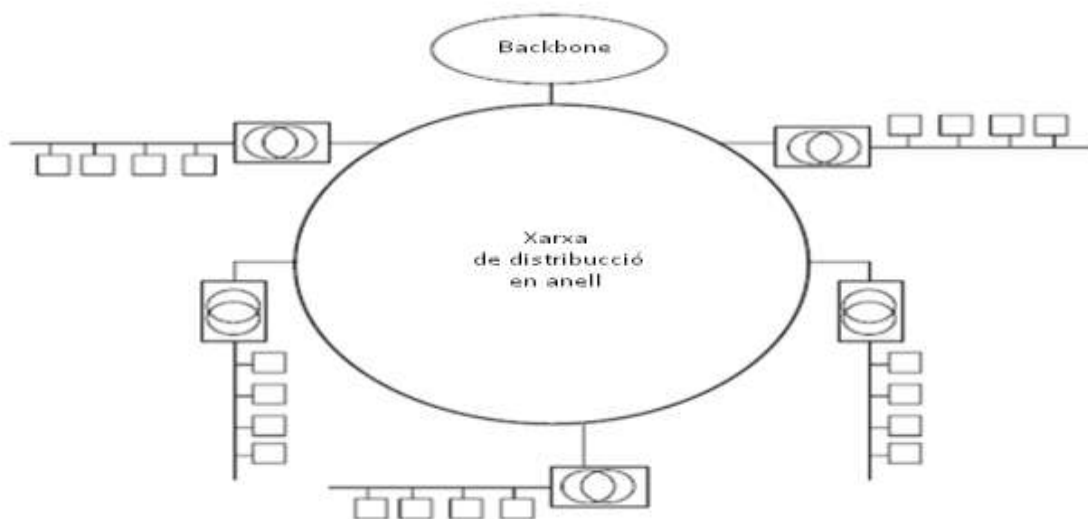


Figura 18: Xarxa de distribució PLC amb topologia d'anell.

Per acabar, la topologia d'una xarxa de distribució pot ser la combinació de qualsevol combinació de les tres topologies de xarxa explicades anteriorment. Tanmateix, l'elecció de la topologia depèn de diversos factors entre els quals hi ha:

- La utilització de tecnologia de comunicacions que necessita una topologia específica de xarxa.
- La disponibilitat del medi de transmissió dins de l'àrea de l'aplicació.
- La possibilitat de la realització d'una xarxa de distribució fiable.
- L'estructura geogràfica i la distribució de les xarxes d'accés PLC i el centre de transformació local.

1.1.6.3. Supervisió de les xarxes d'accés PLC

Un control eficient de les xarxes d'accés PLC ha de ser realitzat per un o per un nombre petit de centres de gestió ([Figura 19](#)) donant una solució econòmicament raonable. Tanmateix, les xarxes d'accés PLC que pertanyin a una xarxa o a un servei del proveïdor poden coexistir en una àrea geogràficament ampla o en un nombre de xarxes PLC que poden estar distribuïdes en diverses regions geogràficament separades. A més a més, es important optimitzar el sistema de gestió que es utilitza per el control de múltiples xarxes d'accés PLC.

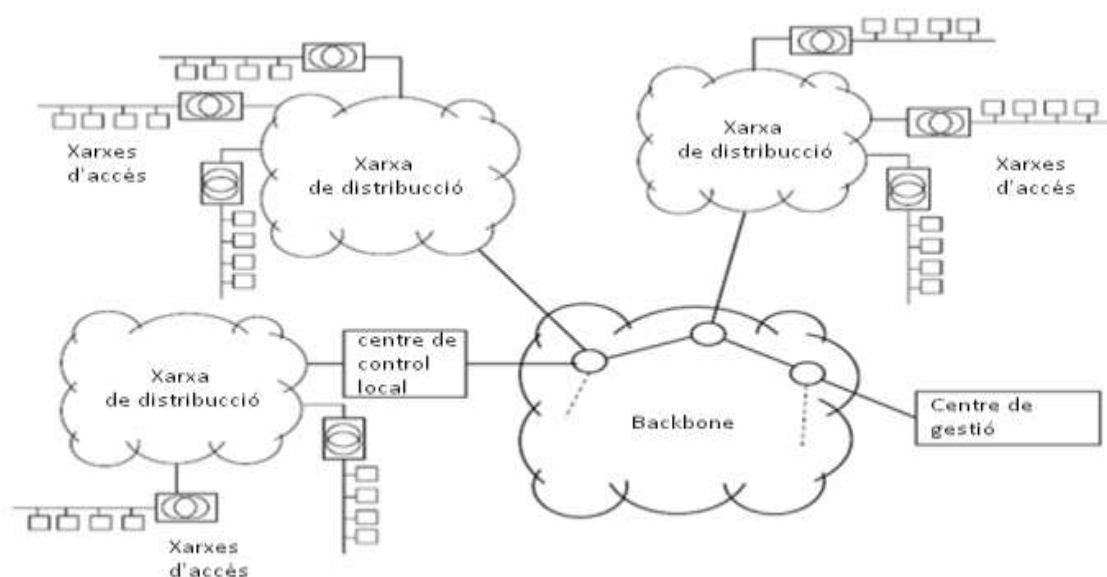


Figura 19: Sistema de supervisió d'una xarxa PLC.

La gestió de la xarxa d'accés PLC inclou la configuració i reconfiguració de tots els seus elements (estació base, mòdems, repetidors i gateways) depenent del actual estat de la xarxa. Les funcions de gestió es poden realitzar localment per la estació base o els gateways o per mitja d'un centre de gestió que s'accedirà per control remot. El manteniment local s'efectua automàticament sense l'acció del personal de manteniment. Per l'altra banda, la gestió remota ens dona la possibilitat de executar les funcions de control automàticament o manualment. La transmissió de la informació de gestió cap a o des de les xarxes d'accés ha de ser garantida sobre les xarxes de distribució per evitar l'increment d'un sistema de gestió per sobre dels altres. Una solució eficient per la gestió es la possibilitat de transferir més funcions de manteniment de l'estació base i gateways col·locats en les xarxes d'accés. Tanmateix, la possibilitat de gestió dels elements de la xarxa PLC incrementa el seu preu. A més a

més, la divisió de tasques de control entre els elements de la xarxa i l'oficina central és una mesura d'optimització.

De qualsevol manera, l'operació bàsica de xarxa l'han d'assegurar els propis elements per ells mateixos, sense cap acció del centre de gestió. Una vegada que el equipament esta instal·lat en una xarxa de baix voltatge, la xarxa PLC li dona un numero de auto-control i un altre de auto-configuració que haurien de funcionar sense l'ajuda del personal de manteniment. Les xarxes d'accés PLC poden operar amb eficiència econòmica nomes si la necessitat de control manual de xarxa es reduïda, especialment si aquestes activitats es porten a terme directament en la localització de la xarxa.

1.1.6.4. Xarxes PLC de mig voltatge

Similar al sistemes d'accés utilitzant la corrent de baix voltatge com a medi de transmissió, les xarxes de mig voltatge s'utilitzen per el funcionament de diversos serveis de PLC. Generalment, l'organització del anomenat mig voltatge PLC (MV PLC) no es gaire diferent de les xarxes PLC de baix voltatge. A més a més, les xarxes PLC de mig voltatge inclouen els mateixos elements: mòdem PLC connectant els usuaris finals amb el medi de transmissió de mig voltatge, estació base que connecta la xarxa PLC de mig voltatge amb el backbone, repetidors i gateways.

Una xarxa elèctrica de mig voltatge normalment alimenta diverses xarxes de baix voltatge. Segons això, una xarxa MV PLC pot ser utilitzada com una xarxa de distribució connectant un numero de xarxes d'accés PLC al backbone. En aquest cas, diverses xarxes d'accés PLC estan connectades a la xarxa de distribució de MV PLC amb una topologia d'anell similar a la de la [figura 18](#).

Tanmateix, les característiques de transmissió d'una xarxa de mig voltatge semblen similars a les xarxes de baix voltatge. Inclús les condicions de transmissió en les xarxes són millors que en les xarxes de baix voltatge si es comparen en les xarxes d'accés PLC; la taxa de dades funcionant sobre una xarxa MV PLC es suposa que no han de ser significativament més altes que les xarxes d'accés PLC. D'acord amb això, si una xarxa MV PLC es utilitzada per connectar un gran nombre de xarxes d'accés PLC al nucli de la xarxa, la transmissió sobre els cables de mig voltatge derivaria a un coll de botella. A més a més, no s'espera que les xarxes MV PLC pugin ser utilitzades per a la interconnexió de múltiples xarxes d'accés PLC. Tanmateix, en la fase de desenvolupament s'espera que les xarxes d'accés es connectin un nombre petit d'usuaris finals i en aquest cas, les xarxes de mig voltatge poden ser utilitzades com a solució a la xarxa de distribució.

Serveis IP sota la xarxa elèctrica (PLC)

Per l'altra banda, el MV PLC ofereix la oportunitat de construir xarxes de comunicacions sense la necessitat de cobrir amb cables nous una àmplia àrea. Per tant, la xarxa de mig voltatge pot ser utilitzada per la connexió de múltiples LAN dins d'un campus amb una xarxa comú de dades, tal com es mostra en la [figura 20](#).

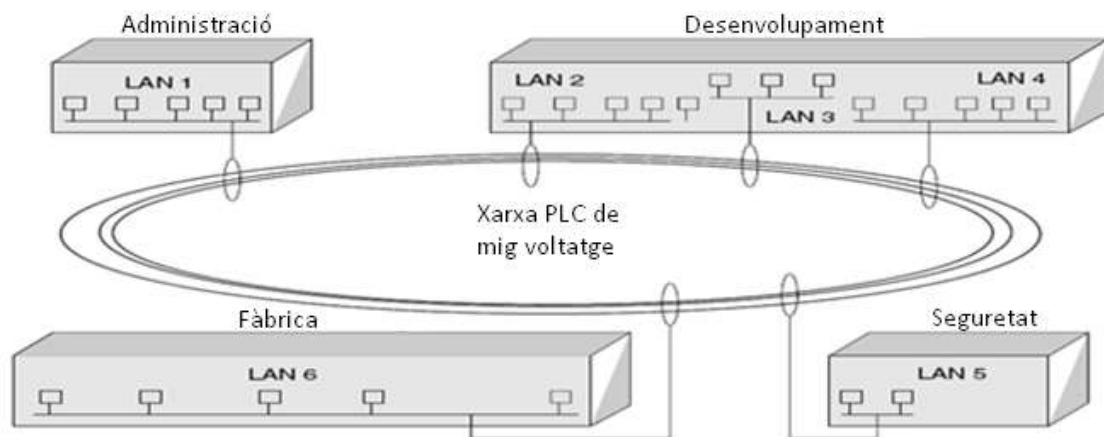


Figura 20: Exemple d'una xarxa PLC de mig voltatge.

De la mateixa manera, el MV PLC pot ser utilitzat per realitzar diverses connexions punt a punt, les quals s'utilitzen per la interconnexió entre LAN, similar a la xarxa campus mostrada en la [figura 20](#). En l'actualitat, MV PLC està principalment utilitzat per la realització de connexions punt a punt. Una aplicació bastant utilitzada del MV PLC és la connexió d'antenes per diversos sistemes de radio. D'aquesta manera, una antena utilitzada per un sistema de telefonia mòbil pot ser connectada a una estació base a través del cablejat de mig voltatge.

1.1.7. PLC indoor

Els sistemes PLC indoor empren com a medi de transmissió l'infraestructura elèctrica. Això fa possible la construcció de xarxes locals PLC dins de cases, les quals connecten els aparells existents en les cases privades com telèfons, ordinadors, impressores, aparells de vídeo, etc. De la mateixa manera, les oficines petites es poden abastir amb xarxes PLC indoor. En els dos casos, s'evita l'utilització de nous cables de comunicació a un cost elevat.

En l'actualitat, els serveis automatitzats s'estan tornant cada vegada més populars no només en les aplicacions industrials, en el sector dels negocis i en els grans edificis, sinó que també en les propietats privades, com per exemple una casa. Els sistemes

proveeixen serveis automàtics com vídeo vigilància, control de temperatura, control automàtic de llum que es necessiten connectar a aparells finals com sensors, càmeres, motors elèctrics, llums, etc. A més a més, la tecnologia indoor PLC sembla ser una solució raonable per la realització d'aquestes xarxes amb un nombre elevat de aparells finals, especialment en edificis o cases més antigues que no tenen les infraestructures internes correctes.

Bàsicament, l'estructura d'una xarxa PLC indoor no es gaire diferent de un sistema d'accés PLC utilitzant una xarxa d'alimentació de baix voltatge. També hi ha una estació base que controla la xarxa PLC indoor, i probablement connecti cap a l'àrea exterior. L'estació base es pot situar a l'habitació del comptador o en qualsevol lloc de la xarxa PLC indoor. Tots els aparells que formen la xarxa PLC estan connectats a través de mòdem PLC, com tots els abonats a la xarxa d'accés PLC. Els mòdems estan connectats directament al endoll, el qual està disponible en qualsevol part de la casa o edifici. D'aquesta manera es poden connectar tants aparells de comunicació com endolls tingui la casa o edifici.

En una xarxa PLC indoor pot existir com una xarxa independent cobrint únicament la casa o edifici. Tanmateix, això exclou la utilització i control dels serveis PLC remotament. Per l'altra banda, un control remot d'un sistema PLC és molt confortable per la realització de diverses funcions autònomes, com per exemple: seguretat, control d'energia, etc. A més a més la connexió d'una xarxa PLC a un sistema de comunicació WAN permet l'utilització de diferents serveis de comunicació des de cada endoll de la casa.

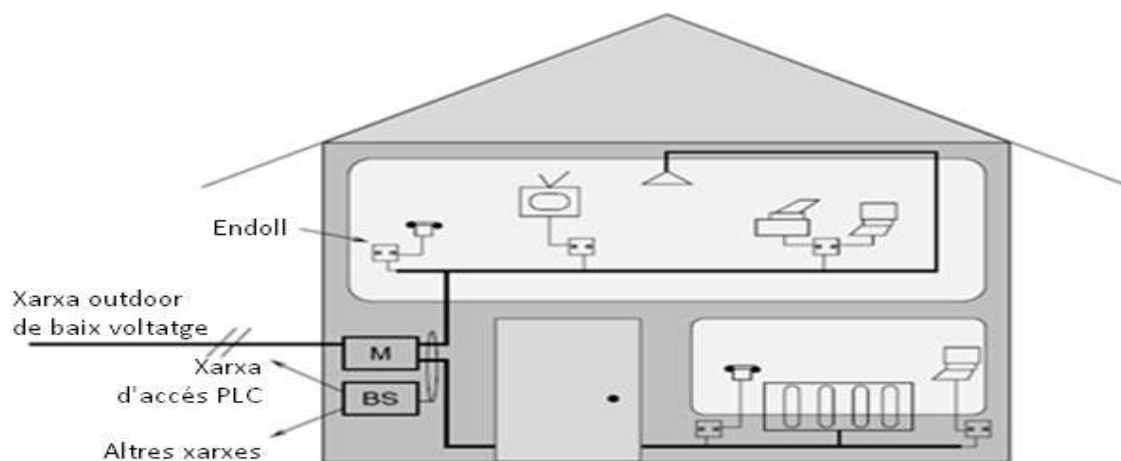


Figura 21: Estructura d'una xarxa PLC indoor.

Les xarxes PLC indoor no només es poden connectar a un sistema d'accés PLC sinó que també es poden connectar a un accés de xarxa funcionant per qualsevol altra tecnologia de comunicacions. En el primer cas si el accés a xarxa es funciona amb

Serveis IP sota la xarxa elèctrica (PLC)

finalitats elèctriques, afegint serveis addicionals de mesura i lectura automàtics amb l'objectiu de reduir costos en la mesura i posterior lectura manual. Per l'altra banda, una xarxa PLC es pot connectar a un accés de xarxa, els serveis del quals els ofereixen diferents operadors de xarxa. D'aquesta manera els usuaris de xarxes indoor es poden beneficiar del mercat liberalitzat de les telecomunicacions, ja que la instal·lació elèctrica del interior el edifici pertany als usuaris finals i no a la companyia elèctrica.

Per l'altra banda, existeixen altres solucions relació cost-efectivitat pel funcionament de banda ampla en xarxes indoor. Com la Wireless LAN (WLAN) sistemes ja disponibles en el mercat, que ofereixen una ràtio de transmissió superior als 20Mbps. Per tant, contrastant-lo amb el PLC indoor, WLAN permet el us mòbil dels serveis de telecomunicacions, com telefonia sense fils, i molts serveis sense mans de molts aparells de telecomunicacions. En l'actualitat, els components WLAN s'han tornat més barats fent de la penetració del PLC indoor més difícil.

1.1.8. Inconvenients del PLC

Les xarxes de subministrament elèctric no han estat dissenyades per les telecomunicacions i a més a més, no són un medi de transmissió gaire favorable. En aquest apartat, veurem els diferents problemes i intentarem trobar diferents solucions per superar aquest problemes.

1.1.8.1. Característiques del canal de transmissió PLC

Les xarxes de subministrament de baix voltatge no estan dissenyades per les comunicacions i en conseqüència, les característiques dels canals powerline tampoc són favorables per a la transferència de dades. El cablejat elèctric esta dividit de forma asimètrica ([Figura 22](#)), tenint moltes connexions irregulars entre els trams de xarxa i clients i les transicions entre els cables que hi ha sota terra i per sobre ([Figura 1](#)). La transició del cablejat provoca reflexió i un canvi en les característiques de la impedància. Addicionalment, una xarxa PLC canvia la seva estructura molt sovint, especialment en l'àrea in-home on cada endoll pot fer canviar la topologia de la xarxa.

Les xarxes PLC també es caracteritzen per el multipath, és a dir, que la senyal pot arribar per més d'un camí, degut a les reflexions causades per la unió de cables i les

diferents impedàncies. Aquest resultat de propagació del senyal amb multipath li cal afegir una altra característica, frequency-selective fading, consisteix en que una senyal pot arribar per diferents camins i per cada camí arriba la mateixa senyal però modificada. Els efectes més influents per la propagació del senyal multipath són deguts a la pèrdua de cable, pèrdues ocasionades per reflexions en punts de ramificació i la mala unió dels cables com també la frequency-selective fading.

L'atenuació en les xarxes PLC depèn de la línia, longitud i les diferents característiques de la impedància del medi de transmissió. Diverses mesures han demostrat que la atenuació en les línies elèctriques és acceptable en cables relativament curts (entre 200-300m), però és molt dolenta en els cables llargs. A més a més, les xarxes PLC més grans s'espera que estiguin equipats amb repetidors.

1.1.8.2. Compatibilitat Electromagnètica

Les xarxes de subministrament elèctric de baix voltatge utilitzats com medi de transmissió per sistemes d'accés PLC actuen com una antena produint radiació electromagnètica. Per l'altra banda, els sistemes PLC que permeten la realització de xarxes d'accés de banda ampla utilitzen un espectre de freqüència superior als 30Mhz. Aquest rang de freqüències està reservat per diferents serveis de radio, els quals poden ser pertorbats per els sistemes PLC. En primer lloc, les funcions de diversos serveis de radio de ona curta, com per exemple la radio amateur, diferents serveis militars i inclús els sistemes de control de vol es poden veure negativament afectats per les interferències provocades per les xarxes PLC.

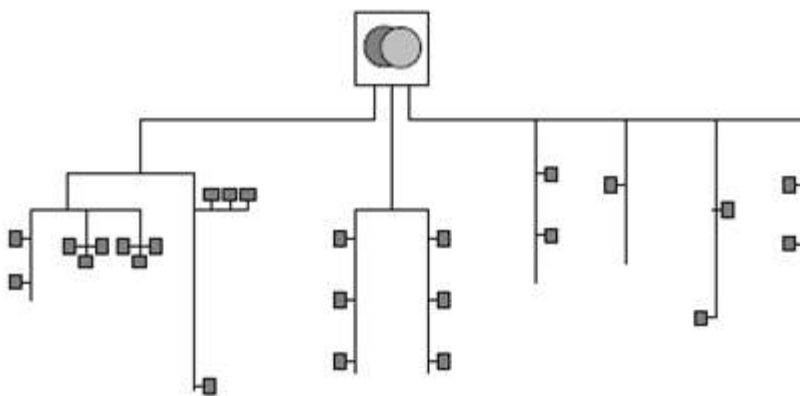


Figura 22: Estructura d'una xarxa d'accés de subministrament elèctric de baix voltatge.

El cos regulatori que especifica els límits de l'emissió electromagnètica que permet als sistemes PLC treballar fora del rang de freqüències ve definit per el estàndard

Serveis IP sota la xarxa elèctrica (PLC)

CENELEC, recordem que aquest és un estàndard de regulació del PLC de banda estreta. Hi ha dues possibles solucions per l'especificació d'un rang de freqüències per poder ser utilitzat en els sistemes PLC:

- Aproximació de xemeneia (chimney approach): Del total d'espectres de freqüència agafar un espectre de freqüència entre 1 i 30MHz per la utilització exclusiva per al PLC. Tanmateix, el espectre no et dona constantment rangs de freqüències que poden ser permesos per utilitzar en el PLC. En els rangs permesos, el PLC ha de seguir funcionant sota els límits de radiació permesos.
- Limitació general de radiació: al llarg de tot el espectre de freqüència (per sota de 30MHz), la radiació màxima esta limitada per tots els serveis de telecomunicacions per cable (incloent DSL, CATV i PLC).

En tots dos casos, les sistemes PLC han d'assegurar uns nivells baixos d'emissió electromagnètica i en conseqüència, funcionar amb la senyal de corrent limitada.

1.1.8.3. Repercussió de les pertorbacions i la taxa de transferència limitada

A causa de la limitació de la senyal de corrent, les xarxes PLC es tornen més delicades a les pertorbacions i que no són capaces d'estendre llargues distàncies per assegurar una capacitat de transmissió suficient. Les pertorbacions del entorn de la xarxa PLC són ocasionades per altres serveis (com la radio de ona curta) funcionant per sota de 30MHz en el rang de freqüències ([Figura 23](#)). A part cal afegir les pertorbacions que venen de la mateixa xarxa; com per exemple màquines pesades com els motors elèctrics, els quals estan connectades a la xarxa de baix voltatge o estan a la vora de la xarxa PLC, TV i monitors que també provoquen pertorbacions ocasionats per la posada en marxa o el apagament d'aquest aparells. Per finalitzar, també poden ocasionar pertorbacions les xarxes PLC veïnes.



Figura 23: Influència de diverses fonts de pertorbació

Es ben conegut que els mecanismes de correcció d'errors es poden aplicar als sistemes PLC per solucionar els problemes de transmissió d'errors provocats per les pertorbacions en les xarxes PLC. Hi ha dos mecanismes per la correcció d'errors: Forward error correction (FEC) i Automatic Repeat reQuest (ARQ). El mecanisme FEC pot recuperar el contingut original inclús amb condicions no favorables com les pertorbacions que hem esmentat anteriorment. Tanmateix, els mecanismes FEC consumeixen un ample de banda addicional degut a que utilitzen una capçalera necessària per a la correcció d'errors. El funcionament de la tècnica ARQ consisteix en el reenviament dels paquets que són detectats com a erronis, aquest sistema també consumeix un ample de banda addicional.

Les aplicacions de correcció d'errors són necessàries en les xarxes PLC degut als inconvenients provocats per les pertorbacions en el medi. Per l'altra banda, les taxes de transmissió de dades que ens dona un sistema PLC estan limitades degut a les necessitats de la compatibilitat electromagnètica (EMC). A més a més, les xarxes PLC han de funcionar amb taxes baixes de transmissió i a més els mecanismes de correcció d'errors necessiten part de la taxa de transmissió. Per l'altra banda, les xarxes PLC d'accés connecten un nombre d'abonats els quals utilitzen una xarxa de subministrament elèctric de baix voltatge com a mitjà de transmissió, amb la qual cosa la taxa de transmissió de dades continua disminuint ([Figura 24](#)).

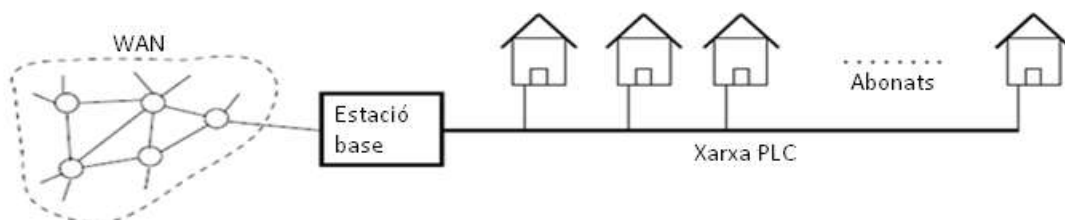


Figura 24: Xarxa PLC amb el mitjà de transmissió compartit

Fent memòria, les xarxes PLC d'accés que utilitzen una xarxa de subministrament elèctric de baix voltatge connecten a un nombre d'abonats a la estació base, així

assegura la connexió a la WAN. D'aquesta manera, la xarxa PLC representa un medi de transmissió compartit utilitzat per tots els abonats independentment. Degut això la capacitat de la xarxa PLC és veu reduïda.

1.1.8.4. Funcionament d'un sistema de transmissió PLC de banda ampla

Dins dels sistemes PLC, la transferència de dades en un canal amb diversos problemes: el fenomen de frequency-selective, la presència d'eco, soroll impulsu i de color amb la superposició d'interferències de banda estreta. D'aquesta manera es necessita una modulació per tal de superar totes aquestes dificultats i les dues tècniques que estan prenen més força en els sistemes PLC són: el espectre engrandit per seqüència directa (direct sequence spread spectrum, DSSS) o la multiplexació per divisió de freqüències ortogonals (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM).

El espectre engrandit (spread spectrum) té l'avantatge de la robustesa a les interferències de banda estreta, la possibilitat de la realització de la multiplexació per divisió de codi (Code Division Multiple Access, CDMA), amb la qual cosa reduïm els problemes EMC. Tanmateix, DSSS té una baixa eficiència espectral i es sensible a frequency-selective fading. A més a més, hi ha la necessitat d'equalitzar les connexions de punt a multipunt, com a les xarxes d'accés PLC, depenen de la longitud de les xarxes per les connexions individuals.

Per l'altra banda, la tècnica de modulació OFDM permet una gran reducció de la complexitat d'equalització del canal i incrementa la resistència al soroll. Una propietat de la modulació OFDM és la selecció d'un espectre de freqüència convenient per tal d'evitar les interferències de la banda estreta i evitar les freqüències crítiques especificades per les regulacions. L'ortogonalitat que ens dona la tècnica OFDM permet un solapament d'espectres que és el doble d'eficient que els sistemes de banda ampla amb una sola portadora. A més a més, la tècnica de carrega de bits, aplicades a les portadores OFDM, ens dona una capacitat del canal mol propera als càlculs teòrics. Per tots aquest motius, la tècnica OFDM és considera la millor per les xarxes PLC de banda ampla i es podria convertir en un estàndard.

1.2. Altres medis de transmissió

Al tenir només accés a l'àrea indoor, ja que la outdoor és propietat de les companyies elèctriques, la connexió a la WAN l'hem de fer necessàriament per un altre proveïdor de xarxa, ja sigui Telefónica, Jazztel, etc amb la qual cosa l'única funció de la xarxa PLC seria la d'actuar com a medi de transmissió; o sinó demanar directament a la companyia elèctrica que ells s'encarreguin de connectar-nos a la WAN, però ara mateix no hi ha cap companyia elèctrica estatal que t'ofereixi servei de PLC a excepció de Epresa a Cadis. Per aquest motiu, en aquest apartat explicarem quins altres medis de transmissió hi ha.

En el camp de les telecomunicacions, un medi de transmissió és el suport físic a través del qual emissor i receptor es poden comunicar en un sistema de transmissió. Totes aquestes transmissions es realitzen a través d'ones electromagnètiques. Depenent del mètode emprat per la conducció de les ones electromagnètiques podem dividir els medis de transmissió en: guiats, les ones passen per un medi sòlid, i els no guiats, que empen l'aire com a medi de transmissió.

Dins del medis guiats podem trobar:

- Parell trenat: El parell trenat està format per un parell de conductors metàl·lics i trenats entre sí. El cable de parells està format per un feix de parells trenats recoberts per un material aïllant. En el cable, els parells també estan trenats entre sí. El trenat del parell redueix les interferències externes.

Pel que fa a l'apantallament, la seva funció és evitar que les interferències afectin als parells del cable. Aquestes interferències tant poden ser el soroll electromagnètic com les induccions produïdes per altres cables que comparteixen el mateix traçat.

D'aquesta manera poden classificar els cables de parell trenat segons el seu tipus d'apantallament i el seu grau de trenat ([Figura 25](#)). Segons el tipus d'apantallament podem trobar: UTP (Unshielded Twisted Pair) que és un cable de parell trenat sense apantallar amb quatre parells trenats recobert per un material aïllant. FTP (Foiled Twisted Pair) és un parell trenat amb apantallament general amb quatre parells trenats amb una coberta metàl·lica general per un material aïllant. STP (Shielded Twisted Pair) és un parell trenat amb apantallament individual són quatre parells amb coberta metàl·lica individual per cada parell, i una coberta metàl·lica general recoberta per un material aïllant. Segons l'altra classificació, depenent del grau del trenat es classifiquen segons categories i cadascuna d'elles amb propietats i utilitats diferents.



Figura 25: Cable UTP,FTP i STP.

- Cable coaxial: aquest cable està format per dos conductors concèntrics. El primer un conductor central o també anomenat nucli, que està format per un fil trenat de coure. Un segon conductor exterior en forma de tub i format per una malla trenada de coure o alumini (Figura 26). Aquest conductor exterior produeix un efecte de blindatge. La separació entre aquest dos conductors es fa mitjançant una capa aïllant anomenada dielèctric. De la qualitat del dielèctric dependrà la qualitat del cable. Aquestes tres parts han de estar recobertes per un aïllant.

Hi ha molts tipus de cable coaxial, cadascun amb un diàmetre i impedàncies diferents. El cable coaxial no pateix cap tipus de interferències externes i aconsegueix altes velocitats de transmissió en les distàncies més llargues.

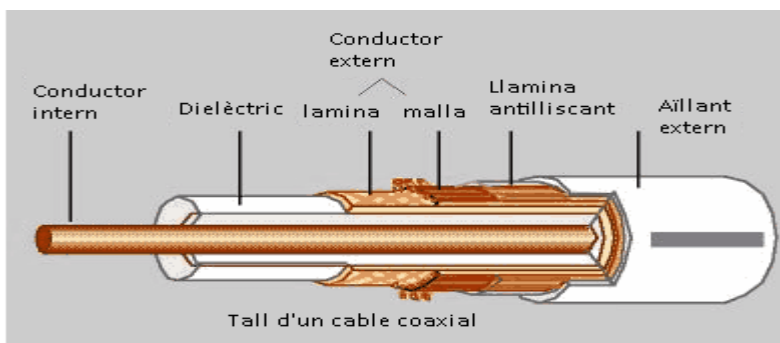


Figura 26: Cable coaxial.

- Fibra òptica : la fibra òptica és un conductor de ones en forma de filament, generalment de vidre, encara que també pot ser de materials plàstics. La fibra òptica és capaç de dirigir la llum utilitzant la reflexió (Figura 27). Normalment, la llum s'emet per làser o diode LED.

La fibra òptica es pot classificar depenent dels nombre d'angles de reflexió: multimode, el gruix del nucli permet diferents angles de reflexió i monomode, el gruix del nucli solament permet un angle de reflexió.

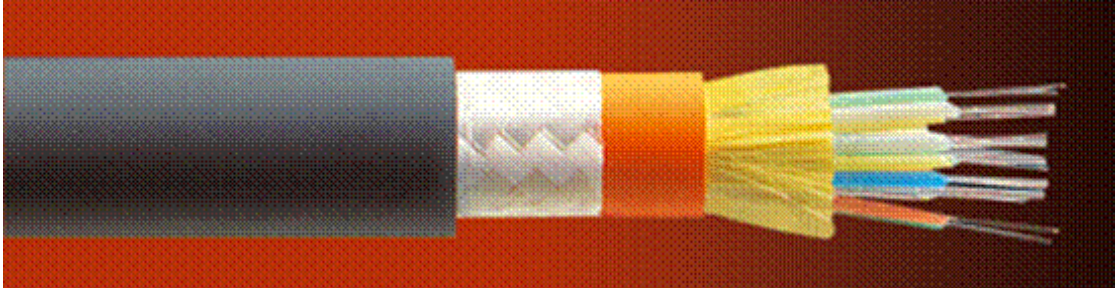


Figura 27: Fibra òptica.

Per part del medis no guiats tenim:

- **Ràdio:** utilitza la radiofreqüència com a medi d'unió de les diferents estacions de xarxa. Com el PLC també s'utilitza en llocs on es difícil instal·lar el cablejat el cablejat necessari per muntar una xarxa de telecomunicacions com es el cas dels edificis antics.
- **Microones:** utilitza les microones com a medi de transmissió. Els protocols més emprats són els 802.11b/g. També aquest sistema es pot utilitzar en llocs on es difícil col·locar el cablejat necessari com el PLC o la ràdio.

En la següent taula ([Taula 2](#)) podem observar els principals avantatges i inconvenients de cada medi de transmissió, com també les velocitats de transmissió i el rang de freqüències en el que treballen.

Taula 2: Comparativa medis de transmissió.

Medi de transmissió	Parell Trenat	Coaxial	Fibra	Microones	PLC
Avantatges	Baix cost	Baix cost	Ample de banda	Omnipresent	Omnipresent
	Instal·lació fàcil	Grans distàncies	Grans distàncies		Baix cost
Inconvenients	Propens al soroll i a les interferències	Molt sensible	Alt cost	Sensible atenuació	Sense estàndards
		Medi en desús	Instal·lació complicada		En desenvolupament
Velocitats transmissió	10 Gbps	10 Mbps	>10 Gbps	100 Mbps	200 Mbps
Rang freqüències	10^2 - 10^8 Hz	10^3 - 10^9 Hz	10^{14} - 10^{15} Hz	10^9 - 10^{12} Hz	2-34 MHz

2. Anàlisi i disseny

En aquest apartat, explicarem quina normativa hi ha al voltant del PLC, quins elements hardware s'utilitzen normalment en una xarxa PLC i quin software s'utilitza per finalment analitzar dos cassos d'estudi que desenvoluparem més endavant.

2.1. Normativa i estàndards

Les comunicacions sobre xarxes de subministrament elèctriques estan especificades per un estàndard europeu, el CENELEC EN 50065, proporcionant un espectre de freqüència entre els 9 a 149kHz en les comunicacions powerline ([Taula 3](#)). El estàndard CENELEC és bastant diferent als estàndards americans o japonesos, els quals especifiquen que el rang de freqüències ha de ser superior als 500kHz per l'aplicació de serveis PLC.

Taula 3: Rangs de freqüències del estàndard CENELEC EN 50065.

Rang	Rang de freqüències (kHz)	Amplitud (V)	Aplicacions
A	9--95	10	Diverses Utilitats
B	95--125	1,2	Domèstiques
C	125--140	1,2	Domèstiques

La norma CENELEC fa possible unes taxes de transmissió de dades de diversos milers de bits per segon, els quals són suficients per només algunes funcions de mesura, com una lectura de comptador remota, la transmissió de dades amb petites taxes de transmissió de bits i la realització de uns pocs canals de comunicació per connexions de veu. Tanmateix, per aplicacions de xarxes de comunicacions modernes, els sistemes PLC han de subministrar altes taxes de transferència per sobre dels 2Mbps. Només en aquest cas, les xarxes PLC seran capaces de competir amb les altres tecnologies de comunicacions, especialment en l'àrea d'accés.

Per a que els sistemes PLC de banda ampla funcionin amb aquestes taxes de transferència altes, els sistemes de transmissió haurien d'operar en un ampli espectre de freqüència per sobre dels 30Mhz. Tanmateix, no hi ha cap estàndard PLC de banda ampla que especifiquin el funcionament dels sistemes fora dels rangs de freqüència especificats per el estàndard CENELEC. En l'actualitat, hi ha diversos grups que

intenten arribar a l'estandardització de les xarxes PLC de banda ampla, com ho són les següents:

- PLCforum és una organització internacional amb l'objectiu de unificar i representar els interessos dels principals participants relacionats del PLC arreu del món. Hi ha més de 50 membres en el PLCforum: companyies fabricants, companyies elèctriques, organitzacions de recerca, etc. El PLCforum està dividit en quatre grups de treball: Technology, Regulatory, Marketing i Inhouse.
- The HomePlug Powerline Alliance és una organització sense intenció de treure beneficis econòmics, la qual està formada amb l'objectiu de crear d'unes especificacions obertes per als productes i serveis de xarxa a alta velocitat a casa. HomePlug només està interessada en les solucions a casa i treballa molt propera amb PLCforum.
- Open PLC European Research Alliance (OPERA) : és una organització d'àmbit europeu que intenta com totes les altres organitzacions trobar uns estàndards per tal d'unificar a companyies fabricants, elèctriques per tal de que el PLC en el dia de demà es converteixi en una alternativa real en front de la resta de tecnologies de banda ampla. En aquesta institució treballen empreses d'arreu del món com CELG (Brasil), ELEKTRO LJUBLJANA (Eslovènia) i altres empreses d'àmbit estatal com Iberdrola o DS2, que és un dels principals fabricants de hardware a nivell mundial .

2.2. Equipament d'una xarxa PLC

En resum, les xarxes PLC utilitzen el corrent elèctric com a medi de transmissió de diferents tipus d'informació en el funcionament de diversos sistemes de comunicació o serveis automàtics. Tanmateix, la senyal ha de ser transformada de tal forma que permeti la transmissió per la xarxa elèctrica. Degut a aquest fet les xarxes PLC inclouen uns elements de xarxa específics assegurant la correcta transformació i el posterior a través de la xarxa elèctrica.

2.2.1 Elements bàsics de xarxa

Són necessaris els elements de xarxa PLC per el correcte funcionament de la comunicació sobre la xarxa elèctrica. La principal tasca d'aquests elements són la

Serveis IP sota la xarxa elèctrica (PLC)

preparació i conversió de la senyal per la seua transmissió i posterior recepció. El següents dispositius existeixen en qualsevol xarxa d'accés PLC:

- Estació base/master PLC o també anomenat capçalera.
- Gateway PLC
- Mòdem PLC.

2.2.1.1. Equipament outdoor: estació base/master.

L'estació base/master o capçalera PLC connecta el sistema d'accés PLC a la xarxa de backbones ([Figura 14](#)). Aquest dispositiu realitza la connexió entre la xarxa de backbones i el medi de transmissió elèctric. Tanmateix, l'estació base no connecta aparells d'abonats, però pot venir amb múltiples interfícies de xarxa, com per exemple xDSL, SDH (Synchronous Digital Mierarch) per la connexió amb xarxes d'alta velocitat, WLL per la interconnexió sense fils, etc ([Figura 28](#)). D'aquesta manera una estació base PLC es pot connectar amb la xarxa backbone per mitja de diferents tecnologies de comunicació.

Normalment, l'estació base controla l'accés a la xarxa PLC. Tanmateix, aquesta tasca del control de xarxa o unes altres funcions més particulars es poden realitzar de manera distribuïda. En un cas especial, cada mòdem PLC pot agafar el control de la xarxa i realitzar la connexió amb la xarxa backbone.

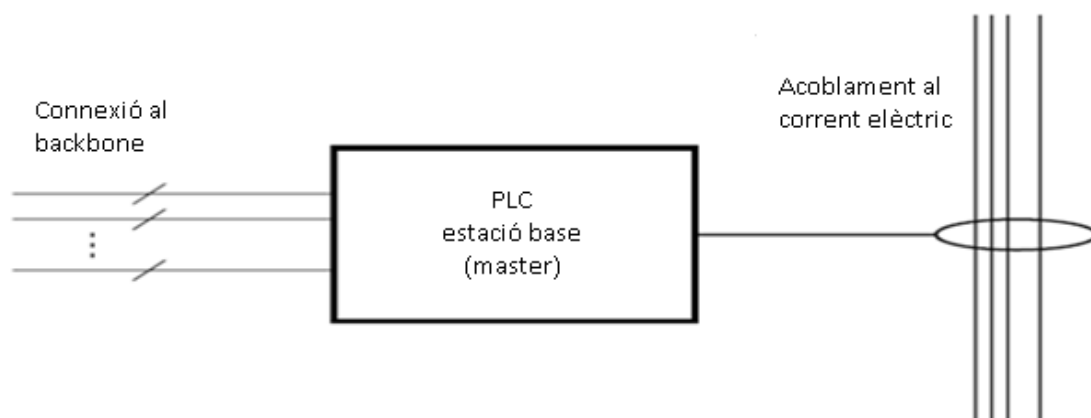


Figura 28: Funcionament d'un capçalera PLC.

2.2.1.2. Equipament de la sala de comptadors: gateway PLC.

Hi ha dos maneres de connectar un abonat PLC a través dels endolls domèstics a la xarxa PLC:

- Connexió directa.
- Connexió indirecta sobre un gateway.

En el primer cas, els mòdems PLC estan directament connectats a la xarxa de baix voltatge i amb la estació base també ([Figura 29](#)). No hi ha una divisió entre les zones indoor (dins de casa) i outdoor, i la senyal de comunicacions es transmesa a través del comptador. Tanmateix, les característiques són diferents, la qual cosa comporta problemes addicionals a les característiques de transmissió de canal i problemes de compatibilitat electromagnètics. A més a més, la connexió indirecta utilitzant un gateway és una solució bastant utilitzada per a la connexió entre els endolls i la xarxa PLC.

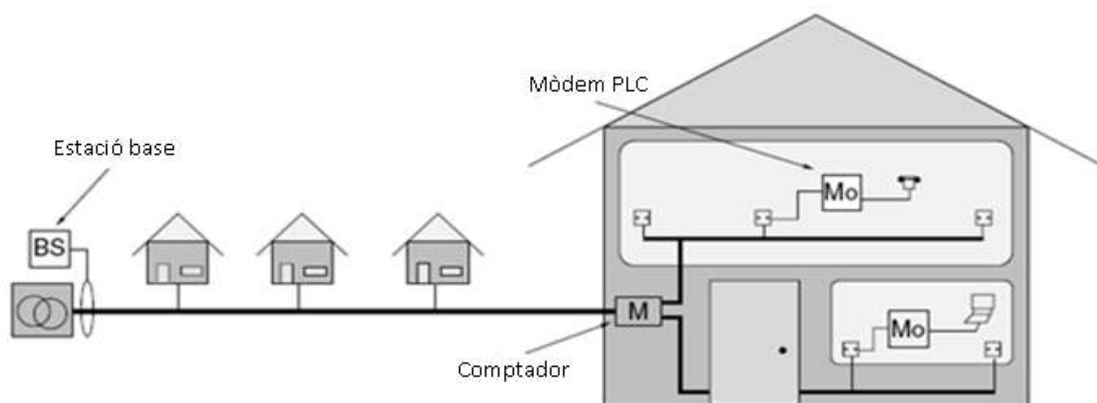


Figura 29: Connexió directa amb els abonats PLC.

El gateway és utilitzat per dividir la xarxa d'accés PLC i la xarxa in-home PLC. També transforma la senyal transmesa entre les freqüències que hi ha especificades per utilitzar dins de casa. D'aquesta manera el gateway es normalment ubicat a prop del comptador ([Figura 30](#)). Tanmateix, un gateway PLC pot tenir funcions addicionals com assegurar la divisió entre l'àrea d'accés i l'àrea indoor. D'aquesta manera, els mòdems PLC connectats dins d'una xarxa indoor es poden comunicar internament sense un flux d'informació a l'àrea d'accés. En aquest cas, un gateway PLC serveix com una estació base local que controla la xarxa in-home coordinant la comunicació entre els mòdems PLC interns i també entre els aparells interns i la xarxa d'accés PLC.

En general, un gateway pot ser ubicat en qualsevol lloc de la xarxa d'accés PLC per regenerar la senyal (com un repetidor) i una divisió de la xarxa a nivell lògic. D'aquesta

Serveis IP sota la xarxa elèctrica (PLC)

manera, es pot dividir una xarxa PLC en diferents subxarxes utilitzant el mateix medi transmissió (la mateixa xarxa de baix voltatge), però existeix separatament com una espècie de xarxa virtual ([Figura 31](#)). Ambdós gateways (G) funcionen com repetidors PLC convertint la senyal de transmissió entre les freqüències f_1 i f_2 (o diferències de temps t_1 i t_2), també amb f_2 i f_3 (o bé t_2 i t_3). Addicionalment, els gateways controlen les subxarxes II i III, la qual cosa vol dir que la comunicació interna dins d'una subxarxa l'agafa el gateway i pren el control sense afectar a la resta de xarxa PLC. La comunicació entre una subxarxa i la estació base només és possible sobre un gateway encarregat de fer la comunicació. Tanmateix, la xarxa pot estar organitzada de manera que la estació base controli un nombre d'abonats (subxarxa I).

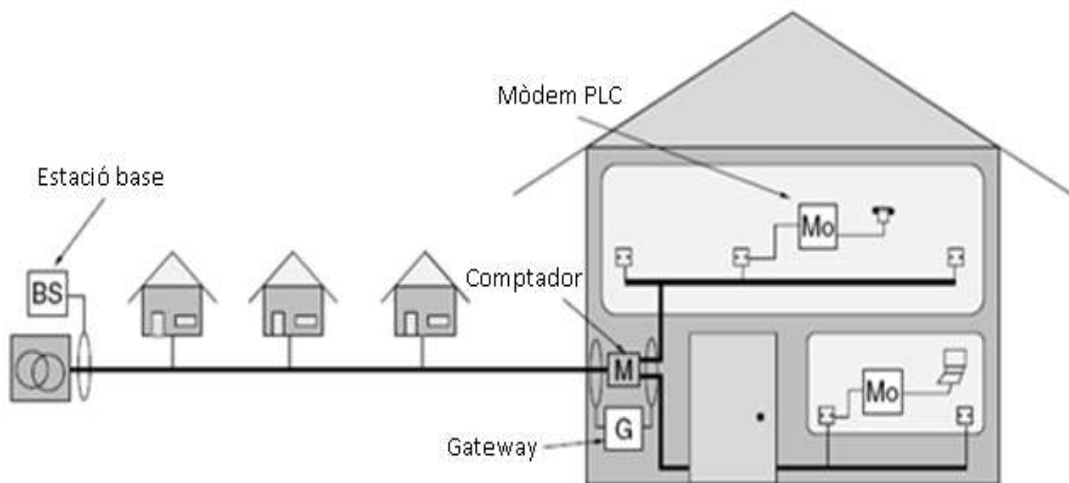


Figura 30: Connexió d'un abonat amb un gateway.

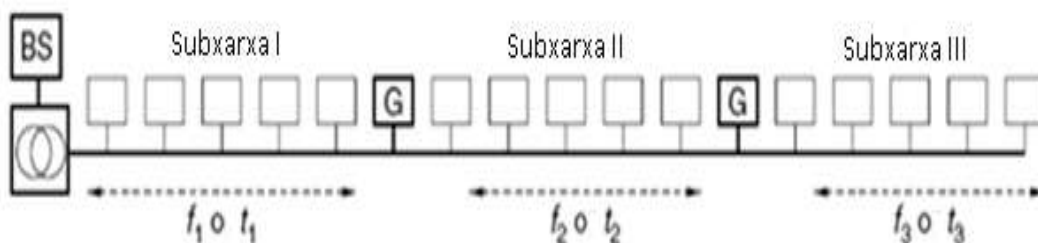


Figura 31: Diferents gateways en una xarxa d'accés.

Els gateways estan connectats a la xarxa de la mateixa manera que els repetidors ([Figura 36](#)). També, un augment de gateways dins de la xarxa d'accés PLC redueix la capacitat de la xarxa i provoca un augment dels costos. Tanmateix, on els repetidors només modifiquen la freqüència, els gateways realitzen una millor divisió dels recursos disponibles de la xarxa, assegurant una millor eficiència.



Figura 32: Capçalera similar al que emprarem en els cassos pràctics.

2.2.1.3. Equipament del client: mòdem PLC.

Un mòdem PLC connecta amb l'equipament de comunicació estàndard, utilitzat pels abonats com a medi de transmissió elèctric. En el costat del usuari té diversos interfícies estàndards per a diferents dispositius de comunicació, com per exemple el Ethernet o USB per la transmissió de dades i ISDN o interfícies a/b per telefonia. En l'altre costat, el mòdem PLC està connectat a la corrent utilitzant un mètode d'acoblament (coupling) que permet la alimentació de les senyals de comunicació al medi elèctric i la corresponent recepció ([Figura 33](#)).

L'acoblament ha d'assegurar una segura separació galvànica i ha d'actuar com un filtre pas alt dividint la senyal de comunicació (per sobre de 9kHz) de la corrent elèctrica (50 o 60 Hz).

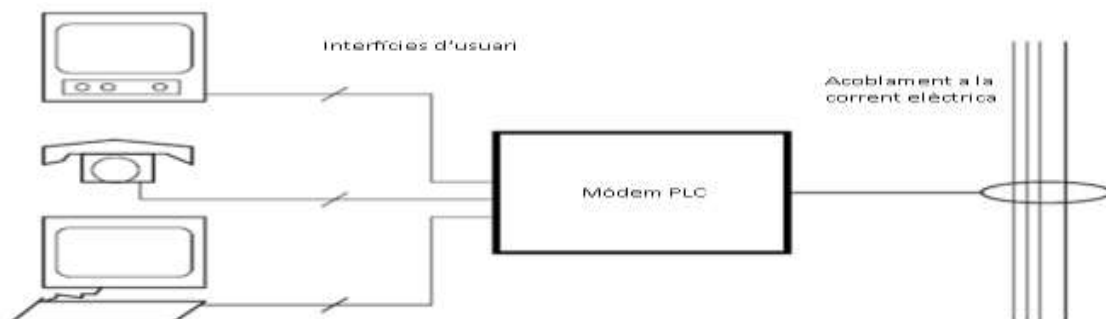


Figura 33: Funcionament d'un mòdem PLC.



Figura 34: Mòdems PLC emprats en els cassos d'estudi.

Per reduir les emissions electromagnètiques de la línia elèctrica, l'acoblament es realitza en dues fases : la primera en l'accés a l'àrea i entre els conductors fase i neutral en l'àrea interior. En mòdem PLC implementa totes les funcions a la capa física incloent la modulació i la codificació. La segona capa de comunicacions (el enllaç físic) es també implementada al interior del mòdem incloent la seva MAC (Medium Access Control) i LLC (Logical Link Control) seguint el model estàndard OSI (Open Systems Interconnection).

2.2.1.4. Equipament opcional: repetidor

En alguns casos, les distàncies entre els abonats de PLC ubicats en una xarxa de baix voltatge o la distància entre un únic abonat i l'estació base es massa llarga per unir amb un sistema d'accés PLC. Per fer superar l'adversitat de les llargues distàncies, es necessari aplicar una tècnica de repetidors. Un repetidor divideix una xarxa d'accés PLC en diversos segments de xarxa, les longituds de les quals poden superar l'aplicada per un sistema PLC. Els segments de xarxa estan separats per diferents freqüències o per diferents espais de temps ([Figura 35](#)).

En el cas de la segmentació basada en la freqüència, el repetidor rep la senyal de transmissió amb una freqüència f_1 , amplifica i injecta a la xarxa, però amb una freqüència f_2 . Si la transmissió fos en el sentit contrari seria de f_2 a f_1 . Depent de la transmissió i modulació escollides, el repetidor pot incloure modulació i desmodulació de la senyal transmesa tan bé com si estes processant en una capa superior de la xarxa. Tanmateix, el repetidor no modifica el contingut de la informació transmesa, la qual sempre es transparentment transmesa entre els segments de la xarxa i la xarxa total PLC.

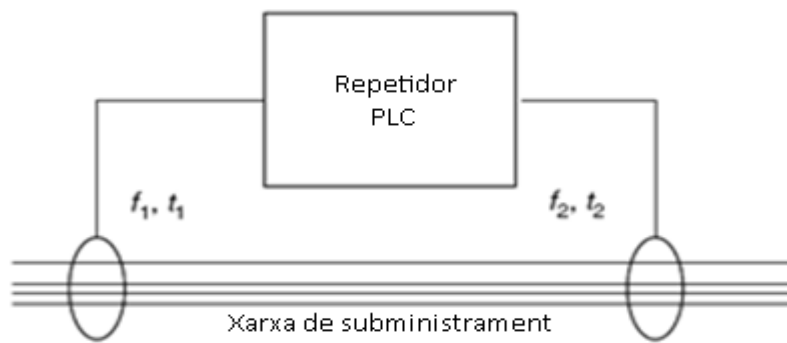


Figura 35: Funcionament d'un repetidor PLC.

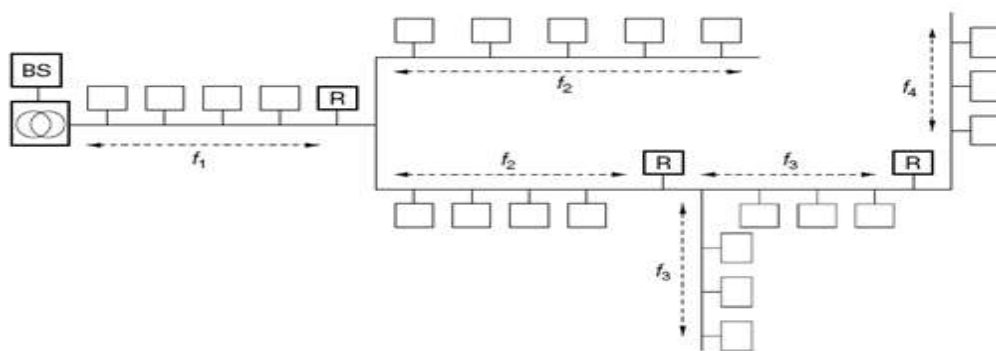


Figura 36: Xarxa PLC amb repetidors.

En el primer segment de xarxa, entre la estació base situada en el transformador i el primer repetidor, la senyal es transmet amb una freqüència f_1 . Una altra freqüència f_2 ha de ser aplicada en el segon segment. Independentment de la topologia de xarxa, la senyal s'ha de transmetre per les dues branques (Figura 36). Teòricament, es podria repetir la freqüència f_1 per al tercer segment. Tanmateix, podria haver interferències entre les senyals del primer segment, una freqüència f_3 per al tercer segment i una freqüència f_4 per al quart segment.

Tanmateix, hi ha un espectre de freqüència limitat que pot ser utilitzar en la tecnologia PLC (aproximadament per sobre dels 30 MHz), el qual es o podria ser especificat en cos regulador. Per tant, amb l'increment en nombre de diferents freqüències, el ample de banda comú queda dividit en petites porcions, la qual cosa redueix la capacitat de la xarxa. A més a més, un pla sobre les freqüències de les xarxes PLC hauria d'utilitzar el mínim de freqüències que sigui possible. La funció del repetidor consisteix en expandir les distàncies on no pot arribar la tecnologia PLC per ella sola. Tanmateix, la utilització de repetidors incrementa el cost de la xarxa a causa del augment del equip i la instal·lació del equip. A més a més cal mantenir el nombre de repetidors en una xarxa PLC el més petit possible.

Serveis IP sota la xarxa elèctrica (PLC)

Figura 37: Repetidor PLC.

Els repetidors PLC utilitzen dues tècniques : la divisió per temps i la divisió per freqüència. La divisió per freqüència consisteix en desplaçar en freqüència cadascun dels senyals que es volen transmetre per un mateix enllaç, evitant així interferències entre ells. La divisió per temps divideix un únic canal en diversos ranures (slots) de temps, a cada usuari se li assigna una ranura de temps fent així que diversos usuaris utilitzin el mateix canal sense interferir-se entre ells. Cal assenyalar que en la majoria dels cassos no s'utilitzen repetidors en l'àrea indoor i si en algun cas es tingues que utilitzar la tècnica més emprada és la divisió per temps ja que en el cas dels productes ILEVO només fabriquen els repetidors per divisió de temps.

2.2.2. Hardware/software específic que s'emprarà en els cassos d'estudi.

En aquest apartat presentarem els diferents aparells hardware que hem fet servir per realitzar els diferents casos d'estudi. En aquests casos hem fet servir aparells de la companyia ILEVO, aquesta empresa va ser fundada al any 2000 com una empresa subsidiària de Ericsson. Ericsson va confiar en un grup de desenvolupadors els quals van portar a ILEVO a ser una de les grans empreses en oferir serveis de banda ampla PLC durant el període 2000-2003.

A l'any 2003 ILEVO va ser adquirida del Schneider Electric, la qual vendrà aquests productes sota la marca Schneider Electric Powerline Communications. Aquesta empresa té la seu central a França i Suïssa amb diferents oficines arreu del món, oferint serveis de venda i suport tècnic a tots els seus clients arreu del món. Durant aquest període de temps fins l'actualitat han seguit desenvolupant els seus productes, amb ajuda de l'empresa espanyola DS2 la qual desenvolupa els chipsets de baix cost

per els productes PLC no només per ILEVO sinó que també treballa per altres empreses desenvolupadores de productes PLC. També cal destacar que està treballant amb el projecte OPERA per tal de trobar uns estàndards aplicables al PLC de banda ampla.

ILEVO classifica els seus productes en les següents categories: Transformer Equipment (TE) on estan els equips capçalera o també anomenats equips base/master i els gateways, els repetidors, Customer Premise Equipment (CPE) que vindrien a ser els mòdems PLC. També tenim els condicionants de xarxa en aquesta branca tenim els acobladors inductiu i capacitiu i els filtres. Finalment, tenim els chipsets utilitzats en aquest productes i els software que s'utilitza per configurar aquest equips si s'escau.

Les característiques dels TE,CPE i dels repetidors han estat explicades en els anteriors apartats, ja que són els elements més importants en les xarxes PLC. Els condicionants de xarxa són accessoris que ens proporcionen unes millors condicions de la xarxa o ens permeten injectar la senyal PLC a la senyal elèctrica per tal de que capçaleres o mòdems puguin entendre la senyal i els chipsets del fabricant espanyol DS2 són utilitzats en els TE, CPE o repetidors.

Els acobladors inductius i capacitius s'encarreguen d'injectar a la xarxa elèctrica la senyal PLC per tal de que els altres equips capçalera,mòdems o repetidors puguin fer la seua tasca corresponent.

Els acobladors capacitius ([Figura 38](#)) estan connectats als equips capçalera i necessiten una connexió física amb els cables quan es necessita connectar a la sala del comptador elèctric de la comunitat de veïns o en qualsevol punt de la xarxa elèctrica, d'aquesta forma hi hauria el cable que alimenta al capçalera i una connexió amb els cables que donen electricitat, a la sala del comptador, a tota la comunitat de veïns.

En aquest cas, al ser la sala de comptadors propietat de la comunitat de veïns només cal el seu consentiment per poder-hi instal·lar un equip capçalera per tota la comunitat o només per un grup de veïns. Cal tenir present que en la sala de comptadors s'utilitza la corrent trifàsica (R,S,T i N) i d'aquí cada usuari rep corrent d'una d'elles (R,S o T) i el neutre (N). Per tant, també tenim acobladors capacitius per connectar-los al equip capçalera d'una o de tres fases per tal de donar senyal PLC a un grup en concret o a tota la comunitat. No cal recordar, que al ser acobladors capacitius es necessària la connexió amb una o amb les tres fases i per realitzar aquesta tasca és necessari desconnectar la corrent elèctrica per tal d'evitar mals majors.

Serveis IP sota la xarxa elèctrica (PLC)

Figura 38: Acobladors capacitius monofàsic i trifàsic respectivament.

El esquema de la connexió d'un equip capçalera amb un acoblador capacitatiu dins d'una sala de comptadors per tal d'injectar la senyal PLC quedaria de la següent manera:

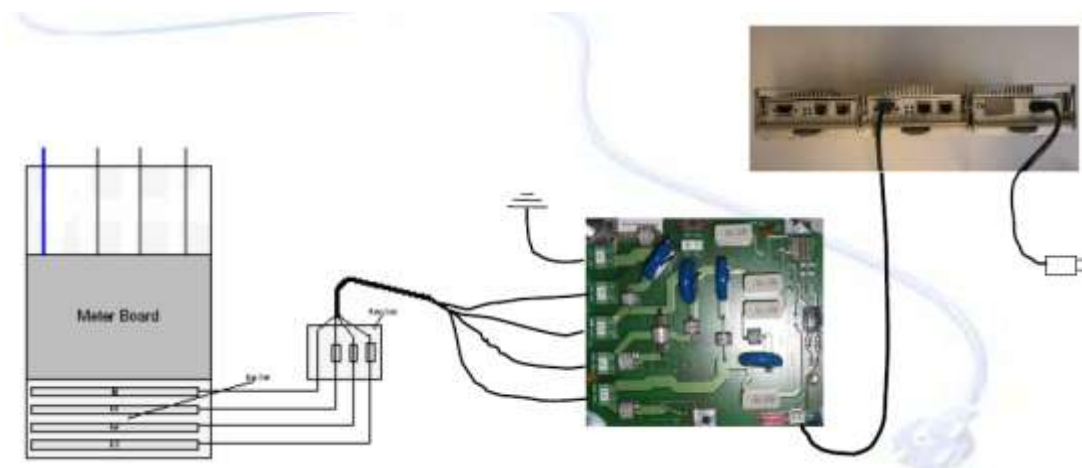


Figura 39: Esquema de muntatge d'un equip capçalera en una sala de comptadors.

En el cas de que es vulgui instal·lar qualsevol equip capçalera dins de casa, ja que un equip capçalera es pot instal·lar en qualsevol punt de la xarxa elèctrica, només caldria connectar el acoblador monofàsic a un altre endoll, en altres paraules, en aquest segon cas tindríem un endoll que alimenta al capçalera i un altre que porta la senyal PLC a la resta de la casa.

Els acobladors inductius ([Figura 41](#)), a diferència dels capacitatius no necessiten cap connexió física amb els cables elèctrics i per tant no es necessari desconnectar la corrent, en la majoria dels cassos, elèctrica per treballar amb seguretat. En aquest tipus de cassos cal distingir entre el cables tripolars, són aquells que tenen les 3 fases recobertes per un apantallament en comú, aquest tipus de cables estan instal·lats en construccions més antigues però encara s'utilitzen. El segon tipus són els cables unipolars són tres cables individuals amb un apantallament per cable, és el més

emprat ([Figura 40](#)). A més a més en aquests cassos a part d'aquestes tres fases també cal tenir en compte el neutre.

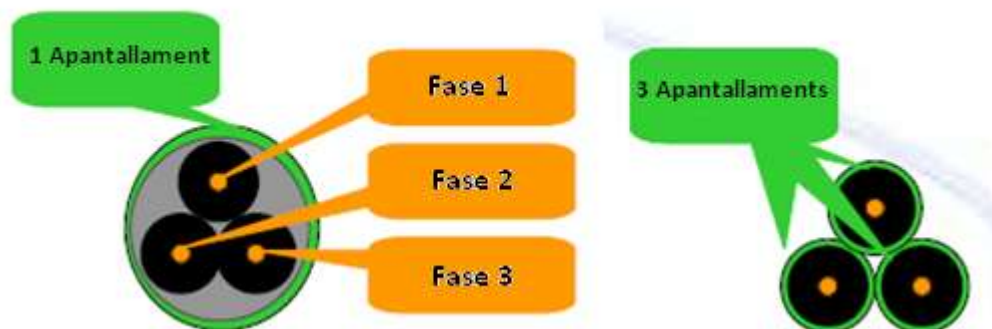


Figura 40: Cable tripolar i unipolar.



Figura 41: Diferents tipus d'acobladors inductius.

La connexió al equip capçalera, no necessitarà cap connexió física als cables, per tant el cable que és connecti al equip capçalera haurà de passar entre el acoblador i el cable ja sigui tripolar o unipolar ([Figura 42](#)), també serà necessari saber si s'utilitzarà una fase o tres depenent de les necessitats del usuari final.

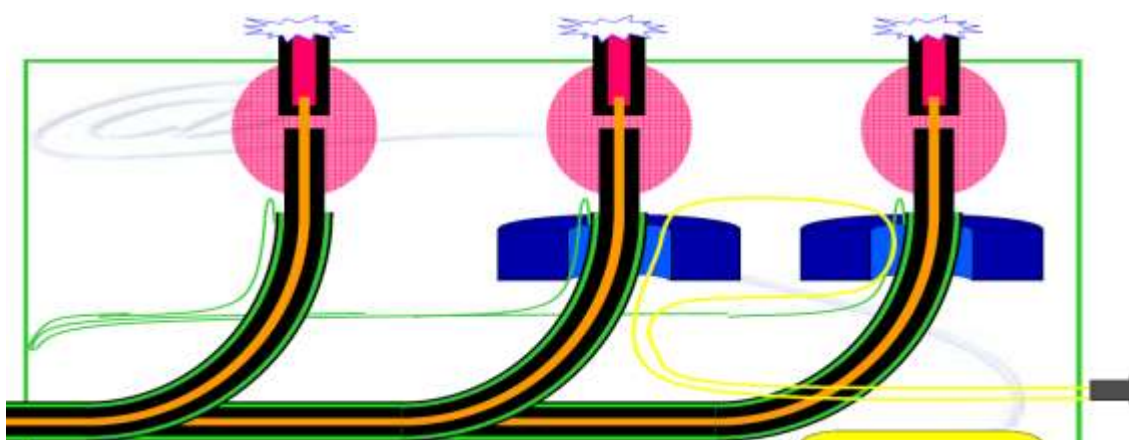


Figura 42: Connexió de dues fases amb l'acoblador inductiu.

Serveis IP sota la xarxa elèctrica (PLC)

Per acabar amb els condicionants de xarxa tenim els filtres ([Figura 43](#)), la tasca dels quals és necessària sempre i quan estigui un repetidor a la xarxa per tal de fer la recuperació del senyal més fàcil als altres equips bloquejant les possibles interferències i distorsions.



Figura 43: Filtre emprat en xarxes PLC.

Pel que fa als chipsets que utilitza ILEVO per els seus CPE,TE i repetidors són fabricats per l'empresa DS2, la qual va ser fundada l'any 1998 a Paterna (Valencia) i actualment té entre els seus inversors Endesa o la corporació japonesa Itochu. A més a més, DS2 es troba realitzant tasques d'estandardització en diversos organismes a nivell internacional i els seus chips i dissenys són utilitzats per diversos fabricants de marques de primer nivell que incorporen la tecnologia DS2 per tots els sectors del mercat PLC.

Els chipsets utilitzats són els següents: DSS9001, DSS9002, DSS9003, DSS9010 ([Figura 44](#)). Els trets principals d'aquests chipsets i que comparteixen gairebé tots ells són cada chipset utilitza la modulació OFDM amb 1536 portadores. El rang de freqüències utilitzat és de: 2Mhz als 34Mhz i dintre d'aquest rang pot haver-hi diferents rangs i el màxim cabal físic que hi pot haver-hi és de 204Mbps. Els chipsets DSS9001 i DSS9010 són utilitzats en els CPE i els altres dos poden ser utilitzats per equips capçalera en baix i mig voltatge i el chipset DSS9002 és també utilitzats en repetidors de baix i mig voltatge.



Figura 44: Chipset DSS9010 del fabricant DS2.

Finalment, pel que fa al tema del software ILEVO ens proporciona unes quantes aplicacions reunides sota el nom de IMS (ILEVO Monitoring System), aquestes aplicacions utilitzen una arquitectura distribuïda. Totes les utilitats són software lliure, ja que no són necessàries llicències, però totes aquestes aplicacions corren sota plataformes Windows. Les quatre aplicacions principals que accedeixen a la base de dades són:

- PlcBuilder: Aquesta aplicació és l'encarregada d'introduir les configuracions dels equips PLC a la base de dades, com també la configuració dels servidors.
- PlcMonitor: Aquesta aplicacions ens mostra la topologia de xarxa, algunes alarmes com també els logs dels events, és a dir, la seua tasca principal és la supervisió de la xarxa.
- PlcComm: Aquesta aplicació s'encarrega de monitoritzar els equips prèviament configurats amb PlcBuilder i ens mostra el seu estat, els indicadors de funcionament, alarmes i logs que estan guardats a la base de dades.
- PlcRum: Aquesta aplicació és l'encarregada de forçar als diferents aparells PLC descarregar qualsevol actualització per tal de garantir la sincronització dels diferents aparells PLC.

Per realitzar aquestes tasques són necessaris tres tipus de servidors:

- DHCP el encarregar de donar la adreça IP i la URL del fitxer de configuració.
- TFTP que emmagatzema els diferents tipus de fitxers de configuració.
- Servidor Radius que ens permeti autenticar els CPE per la seua adreça MAC.

Aquest tipus de servidors requereixen una mínima configuració degut a que ens proporcionen el software adient: plDhcp, plFtp o plTftp i plRadius. També podem fer servir servidors de tercers. I poden tenir diferents arquitectures, és a dir, que totes aquestes utilitats estiguin en un mateix PC o que estiguin distribuïdes en diferents equips ([Figura 45](#)).

A més a més, hi ha la possibilitat de que cada cop que s'engega un equip PLC, ja sigui capçalera, mòdem o repetidor, vagi a buscar la seua configuració als servidors o que quedi emmagatzemada en NVRAM (Non-volatile random access memory), és a dir, que no perdi la seva configuració al tallar l'alimentació elèctrica.

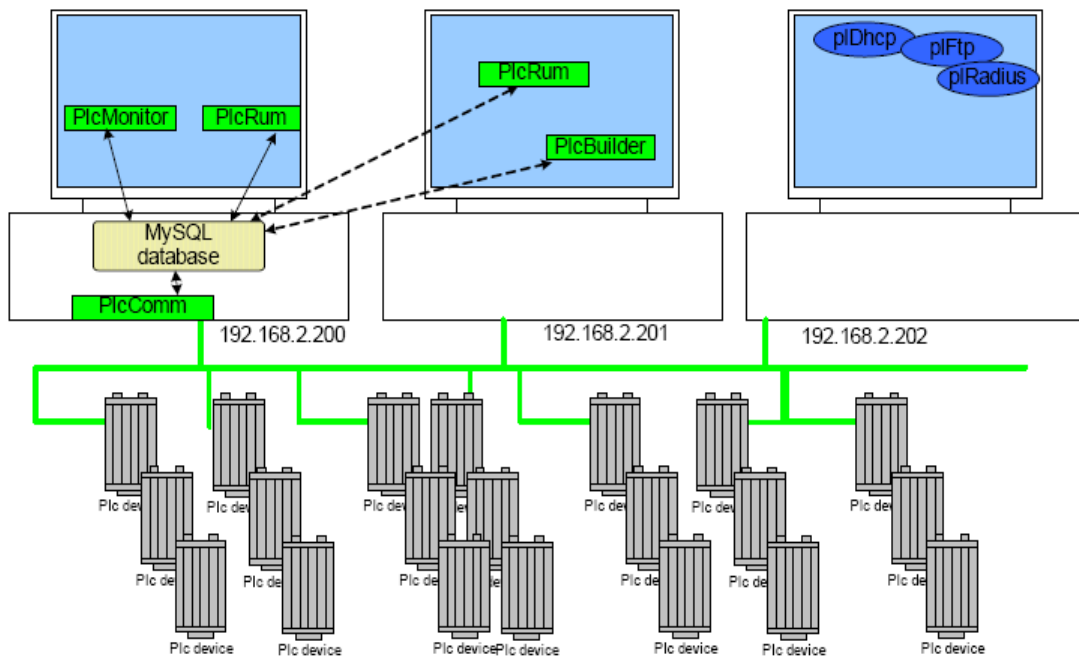
Serveis IP sota la xarxa elèctrica (PLC)

Figura 45: Arquitectura distribuïda del software ILEVO per configurar els equips PLC.

L'esquema de comunicació entre les diferents aplicacions ILEVO ve donada de la següent forma:

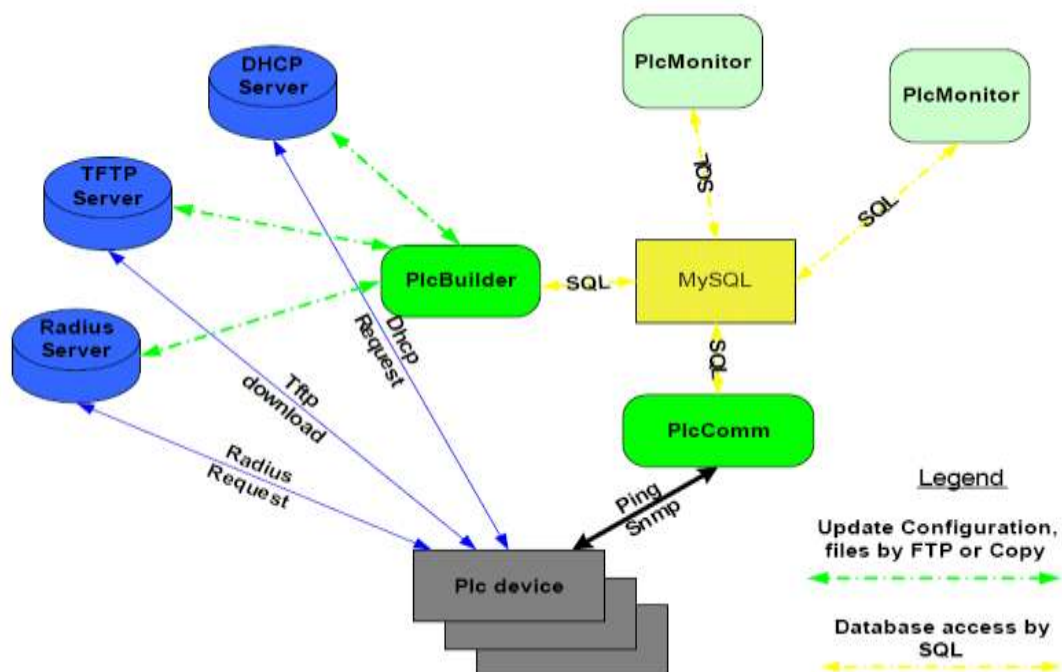


Figura 46: Comunicació entre les diferents aplicacions necessàries per la configuració d'un equip PLC.

3. Cassos d'estudi.

3.1. Presentació dels cassos d'estudi.

En aquest apartat presentarem 2 casos d'estudi en els quals hem instal·lat una xarxa PLC, sempre des de el punt de vista indoor ja que no som propietaris de la xarxa elèctrica; per la qual cosa només podrem comparar el cablejat elèctric del interior de la casa o edifici com a medi de transmissió, és a dir com seria la comparació del cable elèctric amb el parell trenat, coaxial, fibra com a medis guiats o la radiofreqüència o les microones com a medis no guiats, que té a la tecnologia wi-fi com a màxim exponent. Si haguessin tingut accés a la xarxa PLC outdoor o qualsevol proveïdor de PLC, com Endesa o Iberdrola, ens hagués proporcionat documentació també haguéssim pogut comparar amb el ADSL però no ha estat el cas.

El primer cas d'estudi seria el d'una xarxa domèstica petita amb un o dos equips finals, configurarem els equips PLC, capçalera i mòdems, i posteriorment ho comparem amb els medis de transmissió més comuns en aquest casos, si s'ha tingut que passar cablejat, un preu aproximat, etc.

El segon dels casos seria un edifici habitable que vol oferir internet al seus futurs compradors i cal afegir un repte la privacitat als seus clients, amb la qual cosa cap veí hauria de veure a qualsevol dels altres veïns que estigues utilitzant aquest mateix servei.

3.2. Xarxa domèstica.

En aquest primer cas d'estudi analitzarem una petita xarxa domèstica, amb un o dos ordinadors i un servei de VoD (Vídeo sota demanda), que també el proporcionarà el proveïdor d'internet, distribuïts en diferents parts de l'habitatge de la següent manera:

Serveis IP sota la xarxa elèctrica (PLC)

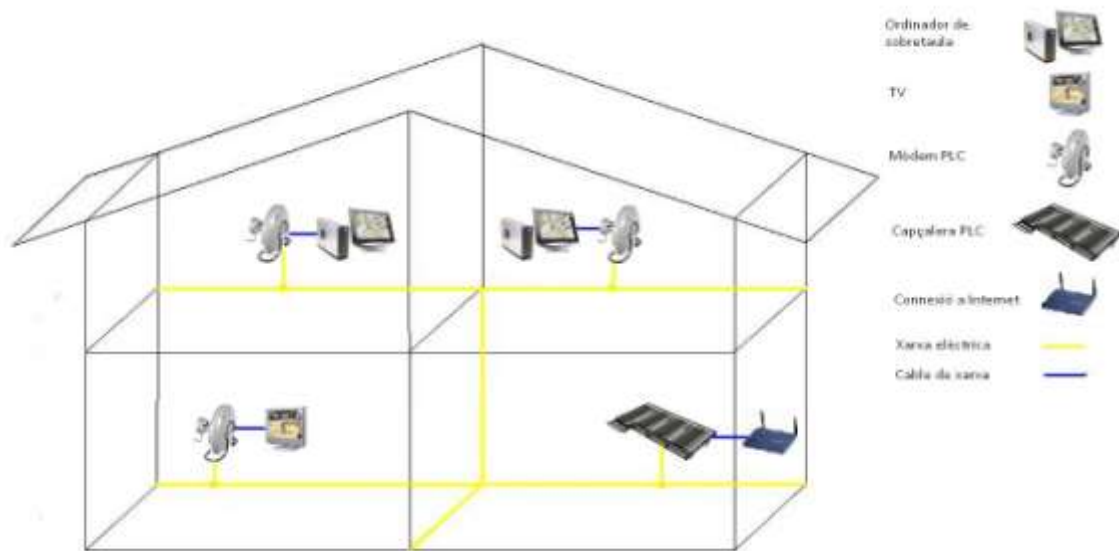


Figura 47: Topologia de la xarxa domèstica.

Com veiem en aquest figura, necessitarem per aquest cas un equip capçalera, tres mòdems PLC i una connexió a Internet que ens la proporcionarà el proveïdor amb el seu router corresponent, ja que com hem explicat anteriorment només tenim accés a l'àrea indoor i els equips capçalera disposen de interfícies Ethernet per a connectar a l'usuari final a Internet i disposar dels serveis de Internet de banda ampla i vídeo sota demanda. En aquest cas utilitzarem un rang d'adreçament privat en aquest cas 172.26.0.0/24 per els dispositius PLC i el router.

Taula 4: Relació d'equips xarxa domèstica amb la seua adreça IP .

Equip	Adreça IP
Router	172.26.0.1
Capçalera PLC	172.26.0.200
Mòdem PLC 1	172.26.0.201
Mòdem PLC 2	172.26.0.202
Mòdem PLC 3	172.26.0.202
IMS	172.26.0.46

En una xarxa domèstica no es necessari col·locar el equip capçalera en la sala de comptadors si es viu en un bloc de pisos, ja que la senyal pot arribar a tots els veïns que estiguin compartint la mateixa fase que nosaltres, per tant col·locarem el capçalera en qualsevol endoll de la casa per tal de tenir senyal PLC. Per una xarxa domèstica a part d'aquesta alternativa amb productes ILEVO, actualment també hi ha alternatives anomenades homeplug, el esquema i funcionament es el mateix però la

seva instal·lació i configuració són molt simples. A més a més aquest sistema l'utilitzen alguns proveïdors de ADSL per connectar alguns equips a la xarxa. Cal remarcar que en aquest cas hem fet servir un adaptador capacitatiu monofàsic com el de la [figura 38](#) per injectar la senyal PLC a la xarxa elèctrica.

Tot seguit passarem a veurem un exemple de com es configura un aparell ILEVO amb el seu software corresponent:

1. Primer de tot hem d'executar l'aplicació PlcSetup ([Figura 48](#)), en la qual és crea un usuari amb uns permisos i uns horaris en els quals pot modificar la base de dades o pot configurar aparells PLC i la corresponent base de dades, quines altres aplicacions d'ILEVO t'agradaria utilitzar i quins servidors faràs servir. Aquest pas només és realitzar una sola vegada, quan vulguem configurar qualsevol altre aparell aquest pas no serà necessari.

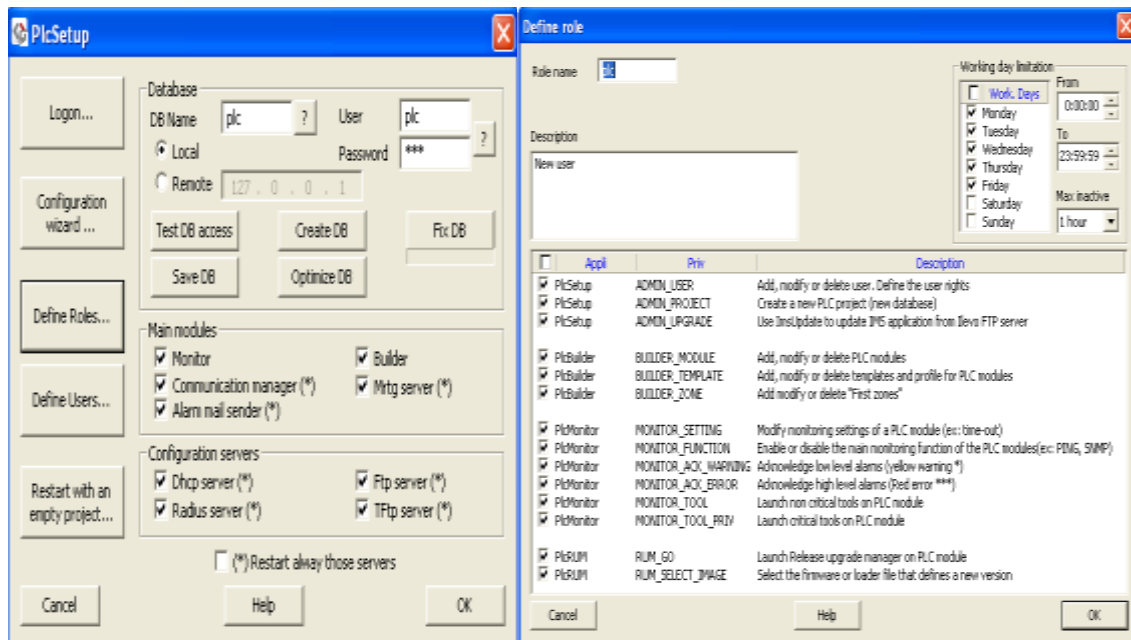


Figura 48: PlcSetup i els permisos que pot tenir un usuari.

2. Quan ja està creat el usuari amb els seus permisos i la base de dades també ha estat creada, ja podem començar a configurar els equips amb l'aplicació PlcBuilder. Primer de tot ens demanarà un usuari i un password que anteriorment ja haurem creat amb PlcSetup. Llavors ens mostrarà un menú amb les zones que tenim creades, si en tenim alguna, una zona vindria a ser un grup d'aparells PLC que depenen d'una mateix punt, en aquestos cassos només seria un grup de mòdems PLC que depenen d'un mateix equip capçalera. A més a més, les zones poden tenir diferents subzones.

Després d'escollir la zona o al començar per primer cop PlcBuilder ([Figura 49](#)), ens sortirà una finestra amb tres apartats: el superior esquerra on ens mostrarà

Serveis IP sota la xarxa elèctrica (PLC)

les zones i els equips que depenen d'aquella zona, l'inferior esquerra on estan les plantilles per tal de facilitar la feina al configurar mòdems i capçaleres i l'apartat de la dreta on es mostren els equips de la xarxa PLC.

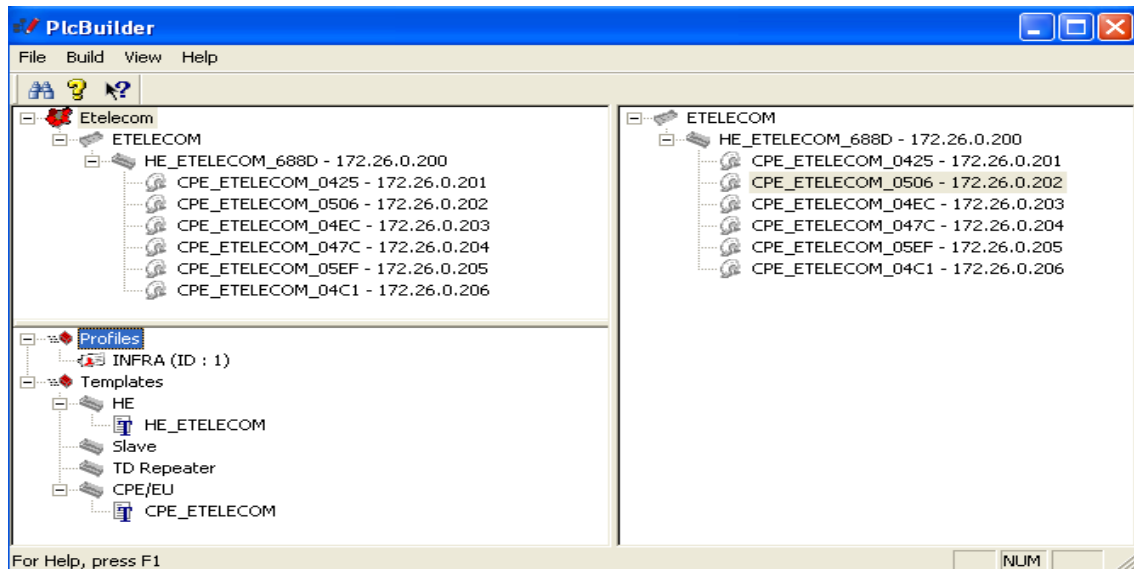


Figura 49: PlcBuilder on ens mostra les zones, plantilles i equips de xarxa.

A més a més, si tens alguna altra zona creada pot importar les plantilles. Per començar caldrà afegir l'equipament de xarxa, ja siguin capçaleres, repetidors o CPE, es tan fàcil com botó dret i afegir equipament en la zona en la qual vols treballar ([Figura 50](#)).

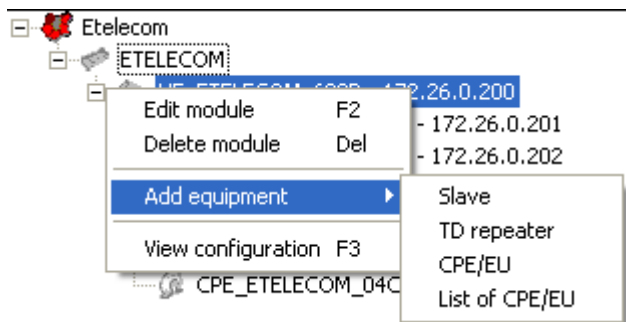


Figura 50: Afegir equipament de xarxa amb PlcBuilder.

Es poden prefixar molts paràmetres però necessaris només són realment la adreça o adreces IP del servidor, l'adreça IP del aparell que es vol configurar, l'adreça del router, si es treballarà en baix o mig voltatge, al rang de freqüències que treballarà el equip i si es voldrà guardar la informació en NVRAM o que cada vegada que se li doni l'alimentació vagi a buscar la seua

configuració al servidor. Després d'haver configurat aquest paràmetres és pujaran a la base de dades.

El arxiu de configuració del equip capçalera de la xarxa domèstica ve amb el nom: "0008BC00688D_config" corresponent amb l'adreça MAC_config, els mòdems PLC venen amb la mateixa nomenclatura i el contingut del fitxer del equip capçalera és:

```
# Autoconf file for MAC:"00:08:BC:00:68:8D"
# Created by PlcBuilder on 14/05/07 12:26:56
# GENERAL parameters
# -----
GENERAL_MAC_MODE = ACCESS
GENERAL_TYPE = HE
GENERAL_FW_TYPE = LV
GENERAL_AUTHENTICATION = NONE
GENERAL_IP_NETMASK = 255.255.255.0
GENERAL_SIGNAL_MODE = 1
GENERAL_USE_AUTOCONF = no
GENERAL_IP_ADDRESS = 172.26.0.200
GENERAL_IP_GATEWAY = 172.26.0.1
# PROFILE parameters
# -----
PROFILE_UPBWLIMIT.1 = no
PROFILE_DWBWLIMIT.1 = no
```

En aquest fitxer com és pot veure només hi han els requisits mínims per configurar el equip capçalera on és mostra per a qui va adreçat aquest arxiu de configuració, la data i hora de creació d'aquest fitxer. Quint tipus d'equip és (HE), és a dir, un capçalera, si es necessària l'autenticació en aquest cas no però si fos necessari utilitzaríem el servidor RADIUS, la màscara de xarxa, utilitza el rang de freqüències 1 que compren dels 3 als 13Mhz per a la transmissió de dades, l'adreça IP i el gateway que en aquest cas correspon a l'adreça del router i s'emmagatzemarà la informació en NVRAM ja que no s'utilitzarà l'autoconfiguració. A més a més de que no està limitat l'ample de banda ni de pujada ni de baixada. En l'annex s'inclouran tots els fitxers de configuració que falten per completar la xarxa domèstica com dels posteriors cassos d'estudi.

3. Quan ja esta la configuració guardada. El següent pas a seguir seria donar alimentació als aparells PLC. En el cas de que el equip sigui un capçalera a més a més caldrà endollar-lo amb un cable ethernet en xarxa per tal de passar-li la configuració amb la seua IP corresponent i la seua porta d'enllaç. La resta

Serveis IP sota la xarxa elèctrica (PLC)

d'aparells només caldrà donar-li alimentació per tal de que ells mateixos busquin la seua configuració.

En les següents figures ens mostra el procés de configuració dels equips que es bastant similar en els tres cassos ja sigui un equip capçalera (HE), mòdem(CPE) o un repetidor (IR). Cal remarcar en totes dues figures 51 i 52 hi apareix IFCP request, són les sigles de Inter Firmware Protocol, és un protocol propietari que realitza la tasca de donar accés al servidor DHCP i FTP als nous nodes a través del cablejat elèctric, com hem dit anteriorment aquesta petició no la pot fer un equip capçalera per que ell és l'encarregat de injectar la senyal PLC a la xarxa elèctrica.

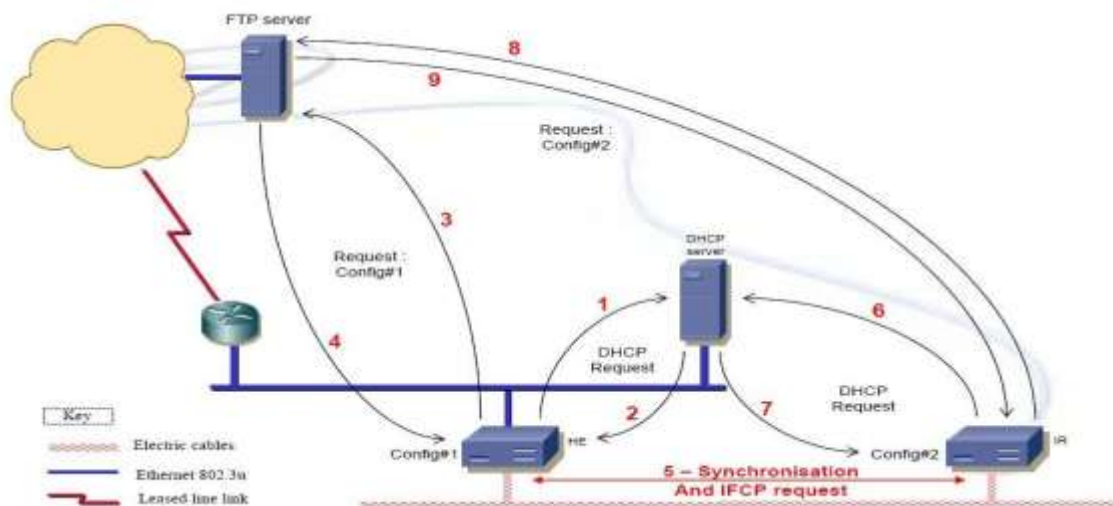


Figura 51: Procés que segueix un capçalera o un repetidor per aconseguir la seua configuració.

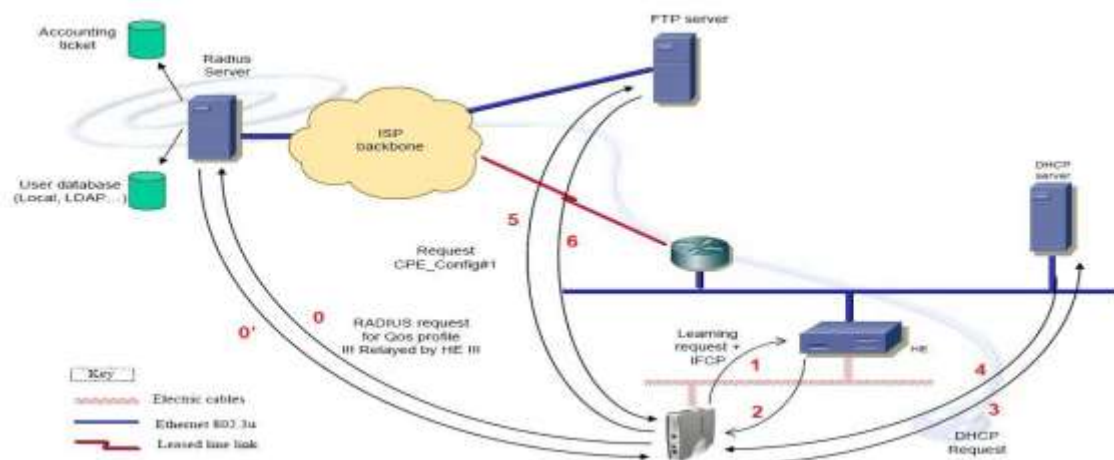


Figura 52: Procés que segueix un mòdem per aconseguir la seua configuració.

A primer cop d'ull, l'aspecte més interessant d'aplicar el PLC com a medi de transmissió a l'interior de la xarxa domèstica és que no es necessari tirar cable ethernet per tota la casa, depenent de l'antiguitat de la casa seria inviable passar el cable ethernet, aquest punt també seria favorable per el wi-fi. En aquest cas al tenir també vídeo sota demanda la senyal que arribarà al televisor sempre serà millor per cable ja sigui ethernet o PLC, que per wi-fi. És més, en aquest cas el proveïdor Telefónica per connectar el descodificador per poder veure vídeo sota demanda utilitza uns aparells PLC de la companyia Corinex.

Seguint amb la comparació, la velocitat de transmissió màxima del cable d'ethernet és 10Gbps, del PLC és 204Mbps i del wi-fi és 108Mbps, per tant en aquesta apartat el clar vencedor és el cable ethernet però en una xarxa domèstica no són necessaris a dia d'avui velocitats d'10Gbps, per tant en aquest aspecte ens podria resultar indiferent quin tipus de medi de transmissió fariem servir.

3.3. Xarxa Mallola 2.

En aquest segon cas d'estudi, analitzarem i crearem en un edifici de nova construcció una xarxa en la qual tots els veïns tinguin la possibilitat de tenir internet en qualsevol endoll i a més a més tenir la seua pròpia VLAN, la qual cosa farà que cap dels veïns pugui veure cap xarxa dels seus veïns. Aquest es un cas real, el qual es durà a terme durant el mes de setembre on una empresa constructora ofereix com a reclam als seus futurs compradors els quals tindran internet en qualsevol endoll des de el primer dia. Un petit esquema de la topologia seria:

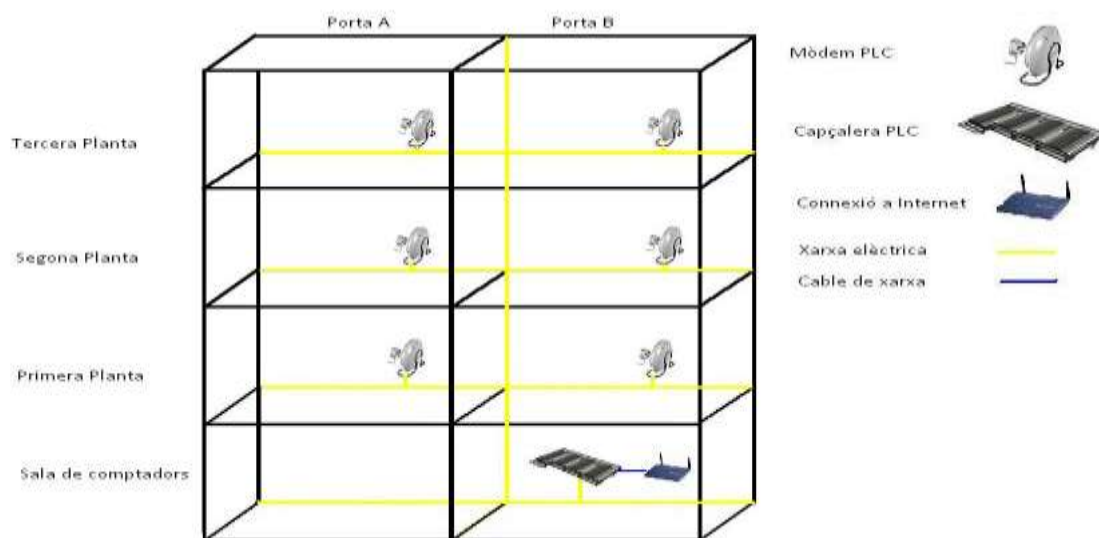


Figura 53: Topologia de la xarxa Mallola 2.

Serveis IP sota la xarxa elèctrica (PLC)

L'assignació d'adreces IP ha quedat de la següent manera:

Taula 5: Relació d'equips xarxa Mallola amb la seua adreça IP.

Equip	Adreça IP
Router	172.26.4.1
Capçalera PLC	172.26.4.200
Mòdem PLC 1	172.26.4.201
Mòdem PLC 2	172.26.4.202
Mòdem PLC 3	172.26.4.203
Mòdem PLC 4	172.26.4.204
Mòdem PLC 5	172.26.4.205
Mòdem PLC 6	172.26.4.206
Mòdem PLC 7	172.26.4.207
Mòdem PLC 8	172.26.4.208
Mòdem PLC 9	172.26.4.209
Mòdem PLC 10	172.26.4.210
Mòdem PLC 11	172.26.4.211
Mòdem PLC 12	172.26.4.212
Mòdem PLC 13	172.26.4.213
Mòdem PLC 14	172.26.4.214
Mòdem PLC 15	172.26.4.215
Mòdem PLC 16	172.26.4.216
Mòdem PLC 17	172.26.4.217
IMS	172.26.4.100

En aquest cas utilitzarem acobladors inductius en la sala de comptadors de la comunitat de veïns per tal d'injectar la senyal PLC a tots els veïns. A més a més, emprarem les OVLAN són un tipus de VLAN propietàries de ILEVO que aïllen qualsevol equip connectat a un mòdem PLC de la resta d'equips finals que també estan connectats amb la mateixa xarxa PLC, d'aquesta manera garantim privacitat a qualsevol dels veïns del edifici.

Arribats en aquest punt ho compararem amb la resta de medis de transmissió, si haguéssim de passar cable per tot el edifici seria bastant costós i tampoc sabríem si on deixem l'altre extrem del cable serà on el futur comprador vulgui posar el seu equip. A més amb el routers que et donen els proveïdor depenent del cas no tindríem les interfícies necessàries per connectar als veïns i necessitaríem un router amb més interfícies o un switch.

Si ho comparem amb el wi-fi també seria un cas recomanable sempre i quan el gruix de les parets no sigui gaire gran, i l'alçada del pis no sigui gaire gran tampoc, però aquest

últim inconvenient es podria solucionar posant més equipament de xarxa, amb la qual cosa augmentaria el cost de la xarxa.

3.4. Conclusions dels cassos d'estudi

En el transcurs dels cassos d'estudi he pogut extreure les següents conclusions:

- Facilitat de configuració: les eines d'ILEVO t'ofereixen un ampli ventall de possibilitats amb una interfície senzilla d'utilitzar.
- No és necessari passar cable, aquesta feina ja està feta.
- Qualsevol endoll és un punt de connexió a la xarxa.
- Gràcies a l'opció de configurar els aparells en NVRAM, no cal tenir un servidor sempre en funcionament, en el cas de que qualsevol equip es vulgui traslladar, la llum marxi, etc.
- El fet de no tenir uns estàndards no repercuteix en el funcionament final dels aparells.
- Alguns proveïdors de xarxa, en segons quins cassos utilitzen la tecnologia PLC per connectar alguns aparells a la xarxa, però els usuaris finals no en són sabedors d'això.
- Tecnologia una mica cara, si tenim en compte que per cada aparell que volem connectar a la xarxa necessitem un mòdem PLC, això amb altres tecnologies no seria necessari.

4. Conclusions.

Amb l'arribada del PLC s'ha pogut donar una altra utilitat a la xarxa elèctrica, compartir en el mateix medi l'electricitat i altres serveis com podrien ser veu, vídeo i dades. A més a més, la xarxa elèctrica arriba a llocs on la telefonia no hi pot arribar, donant accés a aquests usuaris que ara mateix no podent gaudir d'aquest serveis.

Tot i això, aquesta tecnologia no està del tot implantada degut a la falta d'uns estàndards que encara han de arribar, hi ha grups de recerca arreu del món estudiant i desenvolupant quina és la solució més adient. En l'àrea outdoor actualment en tot l'estat espanyol només dona servei una companyia elèctrica a la ciutat de Puerto Real (Cadis), les dues grans companyies del estat van realitzar proves pilot arreu del estat però van optar deixar d'oferir aquest servei degut a la falta d'estàndards i una possible poca implantació del servei. En l'àrea outdoor m'hagués agradat explicar amb més detall com és connecten els usuaris finals a la WAN però al ser propietat de les companyies elèctriques no he pogut aprofundir més al respecte.

En l'àrea indoor hi ha una mica més de llum al respecte, utilitzant la xarxa elèctrica domestica com a medi de transmissió, podent tenir en qualsevol endoll de casa teua l'oportunitat de tenir veu, vídeo, dades o altres serveis. En aquest punt, cal remarcar que empreses com Telefónica utilitzen la tecnologia PLC per connectar el vídeo sota demanda del servei Imagenio que actualment està oferint. També cal destacar que actualment algunes empreses del sector de la construcció troben en el PLC un reclam per als seus futurs compradors, tal com hem explicat en el segon cas d'estudi. Però tot i això també tenim un costat dolent, tot això es podria fer amb wi-fi que actualment ja té uns estàndards i és una tecnologia més barata, i a més a més no es necessari un mòdem PLC cada vegada que es vol connectar un aparell a la xarxa.

Tot i això espero que algun dia el PLC arribi a tenir uns estàndards i es converteixi en un alternativa per a tots aquells llocs on no sigui possible passar cable o el wi-fi no arribi correctament. A més a més que totes aquelles persones que ara no poden disposar de vídeo, veu o dades per disponibilitat geogràfica o per altres raons gràcies al cablejat elèctric en un futur puguin arribar a tenir els mateixos serveis que la resta de persones.

A més voldria agrair a l'empresa E-TELECOM i en especial a Juan Carles Mir el fet de proporcionar-me documentació, préstec del material per realitzar el cassos d'estudi i deixar-me participar en un cas real com ha estat el del segon cas d'estudi Mallola 2, amb tot això he augmentat els meus coneixements en l'àmbit del PLC que abans de

realitzar el projecte eren nuls i que sense la seva dedicació aquest projecte no s'hagués pogut realitzar. A més a més, les meves habilitats en cassos reals tant en PLC com en l'àmbit de les xarxes, ja que el PLC es basa en això, un alternativa que en futur espero que sigui encara més viable per poder realitzar xarxes de telecomunicacions on no es possible passar-hi el cable.

5. Bibliografia.

[HRA04] H. Hrasnica, A. Haidine, R. Lehnert, Broadband Powerline Communications Network Design, John Willey and Sons, August 2004, ISBN 0-470-85741-2

Opera: <http://www.ist-opera.org/>

The HomePlug Powerline Alliance: <http://www.homeplug.org/>

PLCforum: <http://www.plcforum.org/>

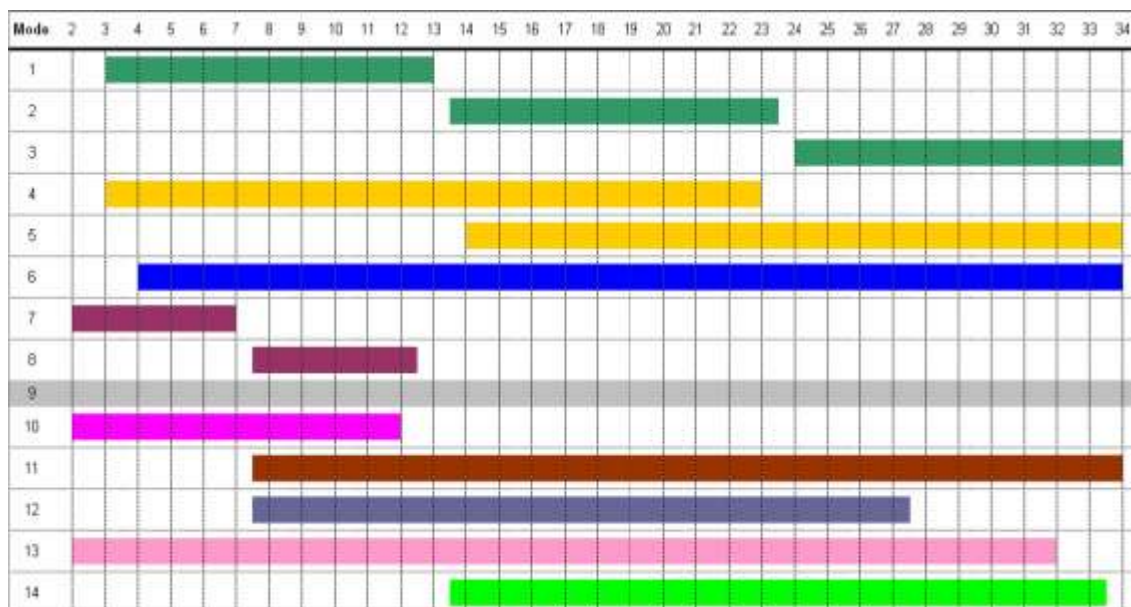
ILEVO: <http://www.ilevo.com/>

CENELEC: <http://www.cenelec.org/>

DS2: <http://www.ds2.es/>

6. Annex.

6.1. Rang de freqüències que utilitzen els aparells ILEVO.



Mode	Frequency Start (Mhz)	Frequency Stop (Mhz)	Bandwidth (Mhz)	Link	Central Frequency (Mhz)	Max Physical Bps (Mbps)
1	3	13	10	10	7 968 750	84
2	13,5	23,5	10	10	18 437 500	84
3	24	34	10	10	29 062 500	84
4	3	23	20	20	12 968 750	150
5	14	34	20	20	24 062 500	150
6	4	34	30	30	19 062 500	204
7	2	7	5	10	7 031 250	42
8	7,85	12,85	5	10	12 812 500	42
9						
10	2	12	10	10	7 031 250	84
11	7,85	34	26,15	30	21 875 000	180
12	7,85	27,85	20	20	17 812 500	150
13	2	32	30	30	17 031 250	204
14	13,3	33,3	20	20	23 281 250	150

6.2. Configuració dels equips de la xarxa domèstica.

```
# Autoconf file for MAC:"00:08:BC:01:04:25"
# Created by PlcBuilder on 14/05/07 12:26:56
# GENERAL parameters
# -----
GENERAL_MAC_MODE = ACCESS
GENERAL_TYPE = CPE
GENERAL_FW_TYPE = LV
GENERAL_IP_NETMASK = 255.255.255.0
GENERAL_IP_GATEWAY = 172.26.0.1
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.1 = 1
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.2 = 2
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.3 = 3
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.4 = 4
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.5 = 5
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.6 = 6
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.7 = 7
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.8 = 8
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.9 = 9
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.10 = 10
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.11 = 11
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.12 = 12
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.13 = 13
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.14 = 14
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.15 = 15
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.16 = 16
GENERAL_USE_AUTOCONF = no
GENERAL_IP_ADDRESS = 172.26.0.201
GENERAL_IP_USE_DHCP = no
```

```
# Autoconf file for MAC:"00:08:BC:01:05:06"
# Created by PlcBuilder on 14/05/07 12:26:56
# GENERAL parameters
# -----
GENERAL_MAC_MODE = ACCESS
GENERAL_TYPE = CPE
GENERAL_FW_TYPE = LV
GENERAL_IP_NETMASK = 255.255.255.0
GENERAL_IP_GATEWAY = 172.26.0.1
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.1 = 1
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.2 = 2
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.3 = 3
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.4 = 4
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.5 = 5
```

Serveis IP sota la xarxa elèctrica (PLC)

```

GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.6 = 6
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.7 = 7
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.8 = 8
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.9 = 9
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.10 = 10
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.11 = 11
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.12 = 12
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.13 = 13
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.14 = 14
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.15 = 15
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.16 = 16
GENERAL_USE_AUTOCONF = no
GENERAL_IP_ADDRESS = 172.26.0.202
GENERAL_IP_USE_DHCP = no

```

```

# Autoconf file for MAC:"00:08:BC:01:04:EC"
# Created by PlcBuilder on 14/05/07 12:26:57
# GENERAL parameters
# -----
GENERAL_MAC_MODE = ACCESS
GENERAL_TYPE = CPE
GENERAL_FW_TYPE = LV
GENERAL_IP_NETMASK = 255.255.255.0
GENERAL_IP_GATEWAY = 172.26.0.1
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.1 = 1
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.2 = 2
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.3 = 3
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.4 = 4
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.5 = 5
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.6 = 6
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.7 = 7
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.8 = 8
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.9 = 9
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.10 = 10
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.11 = 11
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.12 = 12
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.13 = 13
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.14 = 14
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.15 = 15
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.16 = 16
GENERAL_USE_AUTOCONF = no
GENERAL_IP_ADDRESS = 172.26.0.203
GENERAL_IP_USE_DHCP = no

```

6.3. Configuració dels equips de la xarxa Mallola 2.

La configuració del equip capçalera és la següent:

```
# Autoconf file for MAC:"00:08:BC:00:68:9B"
# Created by PlcBuilder on 13/08/07 09:17:15
# GENERAL parameters
# -----
GENERAL_MAC_MODE = ACCESS
GENERAL_TYPE = HE
GENERAL_FW_TYPE = LV
GENERAL_AUTHENTICATION = NONE
GENERAL_STP = yes
GENERAL_IP_NETMASK = 255.255.255.0
GENERAL_IP_GATEWAY = 172.26.4.1
GENERAL_IP_USE_DHCP = no
GENERAL_USE_AUTOCONF = no
GENERAL_IP_ADDRESS = 172.26.4.200
GENERAL_SIGNAL_MODE = 6
# PROFILE parameters
# -----
PROFILE_MAX_TXPUT_TX.2 = 512
PROFILE_MAX_TXPUT_RX.2 = 256
PROFILE_UPBWLIMIT.1 = no
PROFILE_UPBWLIMIT.2 = yes
PROFILE_DWBWLIMIT.1 = no
PROFILE_DWBWLIMIT.2 = yes
# VLAN parameters
# -----
VLAN_ENABLE = yes
VLAN_DATA_TAG = 4095
```

En aquest cas com es pot apreciar hi ha canvis respecte la xarxa domèstica: el primer de tots l'opció STP (Spanning Tree Protocol), és un camp necessari per poder activar l'opció VLAN i que cada usuari final estigi aïllat de la resta. També hem limitat el cabal de baixada i de pujada, 512 i 256 kbps respectivament, i finalment hem activant dos camps d'VLAN. En l'equip capçalera el camp VLAN_DATA_TAG ha de ser 4095 ja que així ho especifica el fabricant i la resta d'equips depenent del cas, en el nostre cas hem fet servir l'opció %ROOTPATH que va a buscar al capçalera el seu identificador corresponent que pot ser un numero entre 0 i 4094, i que tots els aparells finals haurien de tenir diferent. Hem utilitzat el rang de freqüències 6 que va del 4-34 MHz que ens dona el màxim de cabal 200 Mbps. La configuració dels 17 CPE és pràcticament igual, la única diferència que hi ha són les adreces IP.

Serveis IP sota la xarxa elèctrica (PLC)

```
# Autoconf file for MAC:"00:08:BC:01:05:29"
# Created by PlcBuilder on 13/08/07 09:36:12
# GENERAL parameters
# -----
GENERAL_MAC_MODE = ACCESS
GENERAL_TYPE = CPE
GENERAL_FW_TYPE = EU
GENERAL_STP = yes
GENERAL_IP_NETMASK = 255.255.255.0
GENERAL_IP_GATEWAY = 172.26.4.1
GENERAL_IP_USE_DHCP = no
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.1 = 1
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.2 = 2
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.3 = 3
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.4 = 4
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.5 = 5
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.6 = 6
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.7 = 7
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.8 = 8
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.9 = 9
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.10 = 10
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.11 = 11
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.12 = 12
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.13 = 13
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.14 = 14
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.15 = 15
GENERAL_SIGNAL_MODE_LIST.16 = 16
GENERAL_USE_AUTOCONF = no
GENERAL_IP_ADDRESS = 172.26.4.201
# VLAN parameters
# -----
VLAN_ENABLE = yes
VLAN_DATA_TAG = %ROOTPATH
```

6.4. Glossari de termes i sigles.

ADSL (Asymmetrical Digital Subscriber Line)

Línia d'abonat digital asimètrica. Tecnologia que permet transmetre dades a alta velocitat per una línia telefònica. La velocitat de transmissió és asimètrica: molt alta, de la central telefònica a l'usuari, i relativament baixa a l'inrevés.

AP (Access Point)

Punt d'accés. En el món de les xarxes és un dispositiu de xarxa que connecta dispositius de comunicació sense fils amb equips d'una mateixa xarxa, que poden estar connectats amb una xarxa de cable o no.

ARQ (Automatic Repeat-reQuest)

Protocol emprat en el control d'errors en la transmissió de dades, garantint la correcta recepció.

ASK (Amplitude-Shift Keying)

Modulació per desplaçament d'amplitud, és un tipus de modulació en la qual es representen les dades digitals com a variació de la amplitud d'ona portadora.

BPC (Broadband Powerline Communications)

Sinònim de PLC en els Estats Units.

CATV (Community Antenna Television)

Televisió per cable, servei que ofereix de transferència d'imatges de televisió als domicilis abonats.

CDMA (Code Division Multiple Access)

Multiplexació per divisió de codi és un tipus de modulació basada en el espectre engrandit.

CE (Compatibilitat electromagnètica)

Branca de la tecnologia electrònica i de les telecomunicacions que s'encarrega de les interferències entre equips elèctrics i electrònics.

Serveis IP sota la xarxa elèctrica (PLC)**CENELEC** (Comité Européen de Normalisation Electrotechnique)

Comitè Europeu de Normalització Electrotècnica, és un organisme responsable de l'estandardització en les àrees de enginyeria elèctrica.

CPE (Customer Premise Equipment)

Nom que li dona ILEVO als mòdems PLC.

DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications)

Telecomunicacions sense fils millorades digitalment, és un estàndard per a telèfons sense fils digitals, normalment utilitzats per a propòsits domèstics o corporatius. També pot ser emprat per a les transferències sense fils de dades.

DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)

Protocol de xarxa que permet als nodes d'una xarxa IP obtenir tots els seus paràmetres de configuració automàticament.

DSSS (Direct-Sequence Spread Spectrum)

Espectre engrandir per seqüència directa, és un dels tipus de modulació d'espectre engrandit que més s'utilitzen.

EIB (European Installation Bus)

Bus d'instal·lació Europeu, és un sistema domòtic basat en un bus de dades.

EMC (Electromagnetic Compatibility)

Compatibilitat electromagnètica és una branca de l'enginyeria elèctrica que estudia la generació, propagació i recepció intencionada d'energia electromagnètica, com també els efectes no desitjats d'aquesta energia.

FEC (Forward Error Correction)

Mecanisme de correcció d'errors que permet la correcció de les dades en el receptor sense la retransmissió de la informació original.

FSK (Frequency-Shift Keying)

És un tipus de modulació de freqüència, la senyal que ha de ser modulada correspon a un tren de polsos que varia entre uns valors predeterminats.

FTP (File Transfer Protocol)

Protocol de transferència d'arxius entre sistemes connectats en una xarxa TCP basat en l'arquitectura client-servidor.

FTP (Foiled Twisted Pair)

És un cable de parell trenat amb apantallament general amb quatre parells trenats amb una coberta metàl·lica general per un material aïllant.

GSM (Global System for Mobile communications)

Sistema global per a les comunicacions mòbils, és un estàndard mundial per a telèfons mòbils.

GPRS (Global Packet Radio Services)

Sigla amb la qual es denominen les xarxes de comunicacions mòbils de generació 2,5G. Variació del GSM.

HDSL (High ata rate Digital Subscriber Line)

Variant de la família de tecnologies DSL de més alta velocitat. Requereix 2 o 3 línies de parells.

HFC (Hybrid Fiber-Coax)

En xarxes de cable correspon a les sigles de xarxa híbrida fibra òptica coaxial. Una xarxa HFC permet el transport de tot tipus de senyals (televisió, telefonia, dades, etc) des de la capçalera fins els usuaris a través d'una xarxa de distribució utilitzant una xarxa mixta formada per fibra òptica i cable coaxial.

IFCP (Inter Firmware Protocol)

És un protocol propietari que realitza la tasca de donar accés al servidor DHCP i FTP als nous nodes a través del cablejat elèctric.

IMS (ILEVO Monitoring System)

Conjunt d'aplicacions que ens proporciona ILEVO per configurar i supervisar els seus aparells.

IP (Internet Protocol)

Norma de transmissió en telecomunicacions que, conjuntament amb TCP, dona nom a l'estàndard sobre el qual s'ha desenvolupat la xarxa Internet.

Serveis IP sota la xarxa elèctrica (PLC)**ISDN** (Integrated Services Digital Network)

Xarxa digital de serveis integrals (RDSI), xarxa que facilita les connexions digitals extrem a extrem per proporcionar una ampla gama de serveis i que els usuaris accedeixen mitjançant un conjunt d'interfícies estàndard.

LAN (Local Area Network)

Xarxa de comunicacions utilitzada per una organització a través d'una distància limitada la qual permet als usuaris compartir informació i recursos.

LED (Light-Emitting Diode)

Dispositiu semiconductor que emet llum monocromàtica quan es polaritza en directa i és travessat per corrent elèctric.

LEO (Low Earth Orbit)

Òrbita terrestre baixa és una òrbita per a satèl·lits artificials amb una altura sobre el nivell del mar compresa entre 200 i 2000 km.

LLC (Logical Link Control)

El control lògic d'enllaç defineix la forma en que les dades són transferides per el medi físic, proporcionant servei a les capes superiors.

MAC (Media Access Control)

La direcció MAC és un identificador hexadecimal de 48 bits que correspon de forma única amb una targeta o interfície de xarxa.

MEO (Medium Earth Orbit)

Òrbita terrestre mitja és una òrbita per a satèl·lits artificials amb una altura sobre el nivell del mar compresa entre 2000 i 35790 km

MV (Mig voltatge)

Nivell mitjà del que consisteixen els tres nivells de la xarxa elèctrica que compren entre 10 i 30 kV.

NVRAM (Non-volatile random access memory)

Tipus de memòria que, com indica el seu nom, no perd la informació emmagatzemada al tallar la subministració elèctrica.

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)

Multiplexació per divisió de freqüències ortogonals, consisteix en enviar la informació modulant en QAM i en PSK un conjunt de portadores de diferents freqüències.

OPERA (Open PLC European Research Alliance)

Organisme europeu que treballa per trobar uns estàndards al PLC.

OSI (Open System Interconnection)

Arquitectura de xarxa, proposada per ISO per l'estandardització de les comunicacions entre diferents sistemes amb independència de les seves architectures. És un model més didàctic que pràctic i actualment està en desús.

OVLAN (O Virtual Local Area Network)

Són un tipus de VLAN propietàries que aïllen qualsevol equip connectat a un mòdem PLC de la resta d'equips finals que també estan connectats a la mateixa xarxa PLC.

PLC (Power Line Communication)

Nom que reben les diferents tecnologies que utilitzen les línies d'energia elèctrica convencionals per transmetre dades, vídeo o altres serveis.

SDH (Synchronous Digital Hierarchy)

Jerarquia digital síncrona. És un sistema de transport digital realitzat per proveir una infraestructura de xarxes de telecomunicacions més simple, econòmica i flexible. El sistema determina les interfícies de senyal per a alta velocitat de transmissió sobre enllaços de fibra òptica.

SDSL (Symmetrical line Digital Subscriber Line)

Variant de la família de tecnologies DSL, similar a HDSL, però per a una única línia. Presenta la mateixa velocitat, tant de la central telefònica a l'usuari com a l'inversa.

SNR (Signal to Noise Ratio)

Formula que serveix per quantificar el soroll tèrmic present en un sistema de transmissió. Aquesta mesura ens relaciona la potència del senyal respecte la potència del soroll.

STP (Shielded Twisted Pair)

És un parell trenat amb apantallament individual són quatre parells amb coberta metàl·lica individual per cada parell, i una coberta metàl·lica general recoberta per un material aïllant.

TE/HE (Transformer Equipment)

Nom que li dona ILEVO als equips capçalera i gateways.

TFTP (Trivial File Transfer Protocol)

Protocol de transferència d'arxius trivial és un protocol semblant a una versió bàsica del FTP i a diferència del FTP està basat en UDP.

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)

Sistema de telecomunicacions mòbils universal. Acrònim amb què s'anomenen les xarxes de comunicacions mòbils de tercera generació (3G).

URL (Uniform Resource Locator)

Localitzador uniforme de recursos, és un seqüència de caràcters, que seguint un format estàndard, s'utilitza per nombrar recursos, com documents o imatges en Internet per la seva localització.

USB (Universal Serial Bus)

Bus universal en sèrie va ser creat en 1996 per diferents empreses com IBM, Intel o Microsoft.

UTP (Unshielded Twisted Pair)

És un cable de parell trenat sense apantallar amb quatre parells trenats recobert per un material aïllant.

VDSL (Very high data rate Digital Subscriber Line)

Variant de la família de tecnologies DSL de més alta velocitat. Només és apta per a distàncies curtes entre central telefònica i usuari.

VoD (Video on Demand)

Servei que permet al usuari veure un determinat vídeo emmagatzemat en un servidor remot per al seu consum a la carta.

WAN (Wide Area Network)

Tipus de xarxa de computadors capaç de cobrir llargues distàncies donant serveis a un país o un continent.

WLAN (Wireless Area Network)

Xarxa sense fils.

WLL (Wireless local loop)

La utilització d'un enllaç de comunicacions sense fils per oferir serveis de telefonia i Internet de banda ampla per als usuaris.

xDSL (any Digital Subscriber Line)

El terme xDSL es fa servir per denominar una família de tecnologies que permeten l'ús d'una línia convencional de la xarxa telefònica bàsica com a infraestructura de banda ampla. Entre aquestes s'inclouen les següents: ADSL, HDSL, SDSL, VDSL, UDSL, RADSL i IDSL.